Neue Grundgesetze

zur rationellen

Physik und Chemie.

Von

Dr. E. Dühring.

Erste Folge.

Leipzig,

Fues's Verlag (R. Reisland).

1878.

350 Gy

3—

Neue Grundgesetze

zur rationellen

Physik und Chemie.

Von

Dr. E. Dühring.

Erste Folge.

Leipzig,
Fues's Verlag (R. Reisland).
1878.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorrede.

Bereits in der ersten Auflage meiner Geschichte der Principien der Mechanik, die im Herbst 1872 erschien, habe ich die Veröffentlichungen selbständiger und neuer Forschungsergebnisse physikalischer Art versprochen und auch sachlich Einiges davon andeutend vorweggenommen. Die Einverleibung neuer Gesetze in die zweite Auflage jenes Buchs (vom Herbst 1876) erschien mir aber nicht passend, da in einem Werk über Wissenschaftsgeschichte solche Fortschritte der Wissenschaft, die zum ersten Mal und zwar seitens seines Verfassers zur Veröffentlichung gelangen, nicht gesucht werden. Ueberdies wünschte ich den Bestand an neuen Einsichten und Gesetzen möglichst vollständig und systematisch werden zu lassen. Ich hätte auch jetzt noch mit der Veröffentlichung zurückgehalten, um auch das, was ich noch sonst und zunächst namentlich über die specifische und die chemische Wärme darzulegen habe, unmittelbar in den Zusammenhang dieser Schrift einreihen zu können. Auf die Verzögerung, die hiedurch entstanden wäre, habe ich jedoch verzichtet; denn die wirkliche Flüssigmachung der permanenten Gase hatte für die Wissenschaft eine Lage geschaffen, in welcher besonders das im dritten Capitel dieser Schrift veröffentlichte Gesetz von unmittelbarstem und eingreifendstem Nutzen werden muss. Namentlich befriedigt das auf dieses Gesetz gegründete Instrument zur Messung niedriger Temperaturen, die sich bisher nur ungenau und unbequem oder gar nicht bestimmen liessen, ein dringendes und augenblicklich sich mehr als je fühlbar machendes Bedürfniss. Behandlungen der Gase bis zu Temperaturtiefen von etwa — 140° können für die strenge Wissenschaft nur dann ernsthaften Werth erhalten, wenn man solche Temperaturen auch wirklich genau messen kann, was bisher nicht der Fall war, — ein Mangel, der alle bezüglichen Angaben

zu blossen Schätzungsannäherungen und demgemäss für solide wissenschaftliche Schlüsse unsicher und unbrauchbar machte.

Aus diesem Grunde erscheint von den beabsichtigten Veröffentlichungen zunächst eine erste Folge. Ueberdies wird es mir im Verein mit meinem älteren Sohn, der, wie man aus dem dritten Capitel dieser Schrift ersehen wird, auch schon diesmal stark betheiligt ist und sich nach dieser Richtung trotz seiner Jugendlichkeit unter meiner ausschliesslichen Leitung rasch entwickelt, um so leichter werden, später die Fortsetzung zu liefern.

Das vierte Capitel ist der äussern Orientirung über die Schwierigkeiten gewidmet, denen freie Forscher und Studirende in ihren Bemühungen um freien wissenschaftlichen Verkehr begegnen. Robert Mayers Schicksal und meine eignen Erlebnisse haben hier neuen, in erheblichen Punkten noch nicht veröffentlichten Stoff dargeboten und eine Beleuchtung erfahren, die bisher fehlte. Bezüglich Mayers würde sogar eine wichtige Thatsache für immer begraben bleiben, wenn ich von ihm nicht noch einige Monate vor seinem Tode in den Stand gesetzt worden wäre, sie an das Licht zu ziehen und neben seinen mündlichen Mittheilungen auch seine brieflichen Erklärungen darüber reden zu lassen. Die Vertretung der wissenschaftlichen Wahrheit kann von derjenigen der wissenschaftlichen Gerechtigkeit nicht getrennt werden, ohne der nachhaltigen Verbreitung der Wahrheiten selbst etwas zu vergeben.

Eine vorläufige Mittheilung über den Sinn des Veröffentlichten, mit einer kurzen, aber hinreichenden Formulirung des für die augenblickliche Benutzung Wichtigsten, nämlich des im dritten Capitel dargelegten Gesetzes und zugehörigen Rhigometers, ist schon vor dem Erscheinen dieser Schrift öffentlich ausgegeben und auch an Interessenten des In- und Auslandes versendet worden.

Berlin, im April 1878.

E. Dühring.

Inhalt.

Vorrede. . . . . S. III.

Erstes Capitel.

Einerleiheit der Kraft in der Verschiedenheit ihrer räumlichen Bethätigung.

1. Unabgeschlossenheit der Gedanken von der Kräfteerhaltung. Wahre Orientirung über das bisher Geschehene. Christian Huyghens und Robert Mayer. 2. Frage, inwieweit die Rationalität des physikalischen Gesammtgebiets von dem Satz über die Kraftunzerstörlichkeit abhänge. Erinnerung an den wahren Sinn der geschichtlichen Schritte zu diesem Satze. 3. Wirklicher Sinn des doppelten Ausdrucks derselben Sache durch das halbe Geschwindigkeitsquadrat und durch das Product von Weg und Beschleunigung. Entscheidende Mayersche Wendung zu der eigentlichen Unzerstörlichkeitsconception. Das Distanzverhältniss in Bezug auf eine Kraft wird selbst als Kraftform gedacht. 4. Vorstellungsart des unzerstörlichen Etwas da, wo die lebendige Kraft Null ist. Sogenannte Verwandlung. Einerleiheit oder Identität der Kraft als klarster Begriff, der zugleich einem neuen, über die bisherigen Erhaltungsvorstellungen hinausreichenden Grundgesetz entspricht. 5. Das Gesetz der quadratischen Abnahme der allgemeinen Schwere war bisher nichts weiter, als ein aus der Keplerschen Beobachtung erschlossenes, aber keineswegs ein völlig einfaches und rationelles Element. Formulirung eines tiefer eindringenden wirklich rationell gedachten Grundgesetzes. 6. Begrenzte, von der Masse abhängige Gesammtkraft der Schwere. Kennzeichen und Maass ihrer grösstmöglichen Wirkung. Neuer Hinweis auf eine Abhängigkeit der Weltkörperentfernungen von deren Massen. Bedeutung eines Nullpunkts der Schwere für die Gruppirung. 7. Allgemeiner Gedanke einer räumlichen Anordnung nach Maassgabe der den Massen zukommenden Kräfte. Vorläufige Erinnerung an einen bessern Ersatz des Mariotteschen Gesetzes als an den zweiten und zugleich handgreiflichsten Fall des Grundgesetzes der Kraftidentität. 8. Gleichwerthiger Ausdruck des quadratischen Wirkungsgesetzes vermittelst der Gesammtkraft, die sich mit dem umgekehrten Werth des einfachen Abstandes ändert, bis zu welchem sie, als aus unbeschränkter Ferne wirksam, veranschlagt wird. 9. Verzicht auf den mehrdeutigen und meist nur analytisch verstandenen Ausdruck Potential. Einführung einer zweiten Art, die Stellenwirkung der Schwere durch einen gleichwerthigen Ersatz zu veranschlagen. Die quergerichtete, die Schwere genau aufhebende Geschwindigkeit und zugehörige lebendige Kraft. 10. Das antago-

nistische Verhältniss zwischen der Schwere als blos richtender Kraft und der sie genau aufwiegenden Geschwindigkeit ist als eigenartiger Zustand, nämlich als bewegliches Gleichgewicht aufzufassen. 11. Die lebendigen Kräfte, welche den quergerichteten Geschwindigkeiten entsprechen, nehmen mit den umgekehrten Werthen der Entfernungen ab. Verbindung dieses Satzes mit dem Huyghensschen Ausdruck der Centrifugalkraft. Allgemeines Schema einer einheitlichen, die Schwere aufwiegenden Umschwungsthätigkeit. Identität der Kraft im Raume als letzter Grund der Erfahrungsthatsache. 12. Das Archimedische Hebelprincip als specieller Fall der gleichwerthigen Kraftbethätigung unter räumlich verschiedenen Verhältnissen. Entsprechende Auffassung und Unterordnung des allgemeinen Princips der virtuellen Geschwindigkeiten. Gasförmige Vermittlung der Kräftewirkung als einfachstes Verbindungsschema. 13. Nicht blos die Medien sondern auch der Raum selbst als maschinenartige Vermittlung vorstellbar. 14. Nebenfragen nach dem Zeitverlauf in der Krafterstreckung und nach dem Einfluss der selbständigen Geschwindigkeit des Bewegten auf das Wirkungsergebniss der Gesammtkraft. . . . . S. 1.

Zweites Capitel.

Wahres Gesetz der Zusammendrückung der Gase.

1. Wichtigkeit des Gegenstandes nach Maassgabe der Bestrebungen der modernen Physik und Chemie. Fördernde und ablenkende Vorgänge in Rücksicht auf die Gastheorie. 2. Ein allgemeines Gesetz der Zusammendrückung ist nur im Hinblick auf eine einzige Spannungsursache und unter der Voraussetzung möglich, dass diese Ursache bis zu den äussersten Zusammenpressungen maassgebend bleibt. Praktische Permanenztemperatur. Bevorzugte Bedeutung des Wasserstoffs als des vorzüglichsten Anwendungsfalles für ein einfaches Grundgesetz. 3. Auffindung des neuen Gesetzes durch eine besondere Anwendung des Princips der Einerleiheit der Kraft, die sich zwischen den Molecülen bethätigt, und deren Wirkungsgebiet daher nicht das ganze Volumen, sondern nur der zwischen den Theilchen verfügbare freie Raum sein kann. Kennzeichnung des dem neuen Gesetz entsprechenden Sachverhalts. Gleichzeitige Mitauffindung des Verhältnisses von Molecülumfang und Molecülabstand. 4. Ursprung und Beschaffenheit der ablenkenden Idee Daniel Bernoullis. Halbrichtiger Ansatz in der Berücksichtigung des Rauminhalts der Molecüle, jedoch fälschlich nur in einer einzigen Dimension. 5. Prüfung der beiden Bernoullischen Ursachen. Die unter allen Umständen nur lineare Abänderung der Bahnlänge und die nach dem Gesammtvolumen bemessene rein geometrische Häufung der Molecüle auf der Fläche. 6. Formulirung des neuen Gesetzes. Art und Sinn der Bewahrheitung. 7. Erprobung am Wasserstoff für hohe und für niedere Drucke. 8. Bestätigung bei Sauerstoff, Stickstoff und Luft in hohen Drucken. Verdunkelung für die niedern Drucke. Entgegengesetzte Ursache zweiter Ordnung. 9. Mathematische Formulirung eines Gesetzes für die bis zum Flüssigkeitspunkt führenden Zusammendrückungen nach der Art wie bei der Kohlensäure. 10. Neues Gesetz der Wärmeausdehnung der Gase, an Stelle der Gay-Lussacschen Regel, als Folge des Ersatzes der Mariotteschen Regel. Besondere Sichtbarkeit in hohen Drucken. Verbesserter Ausdehnungscoefficient. Spannungscoefficient. 11. Innerer einheitlicher Grund des neuen Sinnes des Ausdehnungs-

gesetzes der Wärme. Folgen des Zusammendrückungsgesetzes für die Umgestaltung des Avogadroschen Satzes. 12. Gesichtspunkt, aus welchem ein richtiger Kern des Mariotteschen und Gay-Lussacschen Gesetzes durch die neuen Aufstellungen mehr bewahrheitet ist als je zuvor. Die beiden Grundgesetze als zwei Hauptsäulen der Physik, und was sich durch sie noch weiter wird tragen lassen. . . . . S. 35.

Drittes Capitel.

Wirkliches Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen an Stelle des Daltonschen Versuchs zu einem solchen.

1. Zusammenhang mit dem Vorangehenden und mit den Zielen einer soliden Wärmemechanik. In der Richtung auf das neue Gesetz nur ein unzutreffender Satz von Dalton vorhanden. Nicht Wiederaufnahme der Daltonschen Arbeit, sondern Behandlung der Aufgabe als völlig neu durch den jetzigen Urheber ihrer Lösung. 2. Formulirung des neuen Gesetzes. Veranschaulichung an dem Beispiel von Wasser und Quecksilber. 3. Ausdruck des neuen Gesetzes in Rechnungszeichen. Gesichtspunkt der Entfernung der Condensationstemperaturen. 4. Bewahrheitung durch Nebeneinanderstellung der berechneten und der beobachteten Temperaturen für Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff und Aethyljodid. Daltons Ablenkung durch das vereinzelte Beispiel des Aethers. 5. Tragweite der Berechnungen nach dem neuen Gesetz. Specifische Factoren für einige vierzig Stoffe. Umgestaltung von Biots empirischer Spannungsformel und zugehörige Constanten für sechs Substanzen. 6. Berechnung specifischer Factoren durch nur einen Siedepunkt aus gesetzlichen Beziehungen zum Ausdehnungscoefficienten oder zur sogenannten absoluten Temperatur. Chemische Erweiterung dieser Beziehungen. 7. Einführung des Begriffs einer Verdampfungsgrenze. Entsprechende Formulirung des Hauptgesetzes. 8. Reduction der Ableitung der specifischen Factoren auf die Verdampfungsgrenzen. Gesetz der einfachen Zahlenverhältnisse in der Bildung der Verhältnisse der Verdampfungsgrenzen. Beziehung auf die chemische Constitution. 9. Der Spannungsquotient als eine für alle Stoffe gleiche Function des entsprechenden Temperaturquotienten. Ein für sehr niedrige Spannungen geltendes Gesetz des Wachsens im quadratischen Verhältniss der von der Verdampfungsgrenze gezählten Temperatur. Sicherheit unserer Annahme der Verdampfungsgrenze des Wassers. 10. Ein auf das neue Hauptgesetz gegründetes Instrument zur Messung niedriger bisher nur ungenau bestimmter Temperaturen (Rhigometer). 11. Systematik im Bisherigen. 12. Geschichtliche Vorgängerschaften. . . . . S. 70.

Viertes Capitel.

Verbreitungschancen und Studiumsschwierigkeiten.

1. Gewöhnliches Verhalten der Handwerksgelehrten gegen die bessern Errungenschaften und deren Vertreter. Neustes Hauptbeispiel der Wärmemechanik und ihres Urhebers. Eigne Betheiligung. 2. Entdeckung des mechanischen Aequivalents der Wärme und zugehörige literarische Schicksale. 3. Der Robert Mayer angedichtete Grössenwahn und Wahnsinn. 4. Seine

eigne briefliche Aeusserung über die Angelegenheit. 5. Orientirung über die Verkleinerungsmanieren und über die Wendungen zur Verdeckung der Plagiate und Aneignungen der Mayerschen Verdienste. 6. Eine Hauptursache der Ungediegenheit neuster Physikbehandlung. Verfolgungen gegen mich wegen Aufdeckung der Missstände im Gebiet der exacten Wissenschaften. Verfehlter Versuch der Göttinger Universität, mein mechanisches Werk zu verrufen. 7. Hauptrolle der Berliner Professorenschaft in demselben Unternehmen. Sofortige Abtrumpfung eines ihrer hauptsächlichsten in den Zeitungen gemachten Versuche seitens Studirender. 8. Taktik der Professoren in Ermangelung wissenschaftlicher Mittel. Beispiele von ihrer Art, dem Mangel eigner durch Einverleibung fremder Verdienste abzuhelfen. 9. Mangel an ernstlichem Fortschritt über die Mayersche Wärmemechanik hinaus. Vergleichung der Behandlungsart und der Studiumsschwierigkeiten in der Physik und derjenigen in der Chemie. 10. Zuflucht des tieferen Studiums zu den Originalarbeiten schaffender Naturen. Aufmerksamkeit auf noch unvollendete Gedankenansätze. 11. Merkmale der gesunden Behandlung. Beispiele modischer Ungediegenheit und Verkehrtheit. 12. Nothwendigkeit einer auch in der Form nachdrücklichen Vertretung der Sache gegen persönliche Böswilligkeit und gegen dreiste Anmaassung. Schädliche Folgen des Fehlens einer solchen Nachdrücklichkeit. Beispiel der Art und Weise Robert Mayers. . . . . S. 99.

Anmerkung zu Capitel 4. . . . . S. 144.

Schriften desselben Verfassers. . . . . S. 146.

Erstes Capitel.

Einerleiheit der Kraft in der Verschiedenheit ihrer räumlichen Bethätigung.

1. Die neuste Phase der Physik ist stolz darauf, neben der Unzerstörlichkeit der Materie auch die Unzerstörlichkeit der mechanischen Kraft zu Grunde legen zu können. Dennoch fehlt sehr viel daran, dass die Vorstellungen von der Einheitlichkeit der Kräftewirkungen als wesentlich abgeschlossen betrachtet werden könnten. Nicht einmal in dem principiellen Hauptgedanken sind sie vollständig ausgebildet. Diesem Mangel in der wesentlichsten Richtung abzuhelfen, ist die Aufgabe dieses Capitels. Fruchtbare Specialanwendungen zu machen, wird die Sache der sich dann weiter anschliessenden Darlegungen sein. Es wird sich zeigen, dass der Sinn und die Methode, in denen der Grundgedanke gehalten ist, auch die Eigenschaft haben, zu besondern grundgesetzlichen Aufschlüssen zu führen und über die gemeinsamen Grundlagen von Physik und Chemie neues, zum Theil von den ersten Forschern der Vergangenheit lange, aber vergeblich gesuchtes Licht zu verbreiten.

Zunächst ist aber eine Orientirung über die bereits geschehenen Hauptschritte erforderlich. In der Angelegenheit der sogenannten Kräfteerhaltungen und Kräfteumwandlungen sind die Meinungen noch sehr wirr. Inmitten der diesen Gegenstand umnebelnden physikalischen Phantastereien fehlt es meist an einer gesetzten Gedankenhaltung, die das wirklich Geklärte von dem wüsten Beiwerk zu unterscheiden wüsste. Die mechanische und physikalische Wissenschaftsgeschichte ist ihrem genaueren Inhalt nach wenig gekannt und wird vielfach nur in abgerissenen Zerrbildern vorgeführt. Was im letzten Menschenalter seit den vier-

ziger Jahren vorgegangen, wird nicht nur durch die Beschränktheit missverstanden, sondern auch durch die schlechten Interessen der Eifersucht gefälscht. Ja es vergreift sich das unlautere, schiefe und schielende Benehmen sogar rückwärts an ein paar Jahrhunderten, indem es zu vertuschen sucht, woher die ersten entscheidenden Grundlagen der neusten Denkweise stammen und wie alt das ist, was von Einzelnen dreist als etwas Neues und Eignes ausgegeben wird Das wirklich Neue wird aber häufig in seiner Eigenart verkannt, weil es nicht von denen herrührt, welche den lauten Markt erfüllen und die Reclame der zünftigen Handwerksgelehrten für sich haben.

In der That und Wahrheit giebt es in der Geschichte des Gedankens der Kräfteerhaltung nur zwei grosse Marksteine. Der eine ist im 17. Jahrhundert, der andere im 19. gesetzt worden. Jener ist dem Genie von Christian Huyghens, dieser demjenigen von Robert Mayer zu verdanken. Jeder von beiden Forschern hat eine ganz verschiedene, eigen geartete Stufe der Entwicklung des betreffenden Gedankens und ebenso eigenartige Specialgesetze aufzuweisen. Huyghens ist der Urheber jenes Princips, welches man in der rationellen Mechanik als das der Erhaltung der lebendigen Kräfte bezeichnet. Mayer ist der erste und einzige Urheber desjenigen Grundgesetzes, nach welchem sich die Krafterhaltung aus einer Kräftegattung in die andere hineinerstreckt. Das Denkerthum dieser beiden Physiker ergänzte sich aber auch, wie schon gesagt, durch die Lösung besonderer Aufgaben, deren eigenartige Natur jede Verkennung ihrer individuellen Ansprüche bei zulänglicher und ehrlicher Beurtheilung ausschliessen muss. Huyghens löste die Aufgabe, den Schwingungsmittelpunkt des zusammengesetzten Pendels zu finden, und stellte im Anschluss hieran den Satz von der Erhaltung der durch die Geschwindigkeitsquadrate bestimmten Kräfte fest. Mayer lieferte die Berechnung des mechanischen Aequivalents der Wärme in unverkennbarer Zahlenbestimmtheit und nach richtiger Methode, indem er an diese Entdeckung der Brücke von der mechanischen Kraft zur Wärme zugleich originale und weittragende Gedanken über Zustände und Umbildungsformen sowie über die Gleichwerthigkeit und gemeinsame mechanische Messbarkeit aller Naturkräfte knüpfte.

2. Die nächste Frage zur ferneren Orientirung muss nun die sein, wieweit in die zerstreuten Glieder der Physik und

Chemie durch das Grundgesetz der Kräfteunzerstörlichkeit wirklich echte Rationalität gebracht ist, die einen Zusammenhang des sonst Unverbundenen erzeugt oder in Aussicht stellt. Die Systematik der Physik ist in erster Linie nicht bei der mathematischen Behandlung, sondern bei derjenigen rationellen Verknüpfung zu suchen, die eine Stufe höher steht als die blos dienstbare Ableitung vermittelst der Construction und Rechnung. Namentlich hat die blosse Rechnung erst dann etwas zu bedeuten, wenn anderweitig die sachlichen Bindemittel und Gliederungen des Zusammenhangs zuvor festgestellt sind und nun auch zur speciellsten quantitativen Behandlung Gelegenheit geben. Wie der Ausdruck rationelle Mechanik am geeignetsten ist, die wissenschaftlichste Gestalt des Gebiets angemessen zu bezeichnen, so sollte man auch nicht von mathematischer oder theoretischer Physik reden, wenn man etwas Besseres meint, als leere analytische Ausspinnungen. Das Rationelle ist schon der Wortbedeutung nach eine Erinnerung an die Gründe und Ursachen, und müssen stets letzte Gründe gemeint sein, wo volle und letzte Wissenschaftlichkeit in Frage kommen soll. Der Weg zur rationellen Physik und Chemie ist auch nicht derjenige gewesen, auf welchem die mathematischen und insbesondere analytischen Gespinnste am üppigsten producirt worden sind. Von Galilei an ist der Typus der wirklich sachlichen Fortschritte ein anderer gewesen. Mechanik und Physik haben ihre bedeutendsten Grundgesetze und grössten Errungenschaften einer Forschungs- und Denkungsart zu verdanken, die jederzeit ohne mathematischen Luxus verfuhr, ja meist mit sehr einfachen Hülfsmitteln der Construction und Rechnung auskam und für die Legung der Fundamente niemals verschlungener Operationen bedurfte. Die rationelle Gestalt der Chemie wird aber am allerwenigsten dazu verführen können, dem einseitig mathematischen Gebahren irgend einen fruchtbaren Antheil an den wirklichen Fortschritten zuzuschreiben. Der echte mathematische Geist hat sich auch bei einem Dalton nicht verleugnet; ja er ist auch in der mächtig einwirkenden Vorstellungsart von Avogadro zu finden; aber nie haben sich diese bedeutendsten Förderer der Rationalisirung der Chemie unseres Jahrhunderts zum Cultus mathematischer Scholastik verirrt.

Die Rationalität von Physik und Chemie oder ein rationelles System dieser beiden, auf gemeinsame Ausgangspunkte gegrün-

deten Wissenschaften kann nur insoweit vorhanden sein, als es gelungen ist, letzte überallhin tragende Grundgesetze aufzufinden und mit diesen Grundgesetzen den mannichfaltigen Stoff zu durchdringen. Man glaubt nun vielfach von unserer heutigen Physik, deren Physionomie sich im Laufe eines Menschenalters ausgebildet hat, dass diese so zu sagen moderne Physik ihren am meisten wissenschaftlichen Grundzug durch den Gedanken der Kräfteunzerstörlichkeit erhalten habe. Wie die Chemie seit einem Jahrhundert an der durch die Waage festgestellten, also nicht blos speculativ vorausgesetzten Unzerstörlichkeit der Materie einen sichern Compass besitzt, so soll die Physik der letzten Jahrzehnte an der Idee der unverlierbaren Erhaltung eines mechanischen Kraftvorraths einen Leitfaden gewonnen haben, der noch weit mehr leistet. In der Chemie ist nämlich das Axiom von der Erhaltung oder Unveränderlichkeit der Menge der Materie so alltäglich anzuwenden und so gänzlich ohne Ergebnisse von besonders markirter Physionomie, dass man kaum mehr darauf achtet. Die fragliche Trivialität erregt keine besondere Aufmerksamkeit und man erwartet von der Bethätigung dieser ganz gemeinen Wahrheit nicht mehr irgend welche charakteristische Aufschlüsse.

Anders verhält es sich in der Physik mit der Einsicht in die Unzerstörlichkeit und Umbildungsfähigkeit der Naturkräfte. Der hier neu gewonnene, aus den Erfahrungsthatsachen erschlossene Satz von dem unveränderlichen Kraftfond, der in allem Wechsel und Austausch der Kräftegattungen beharrt, wird als ein Wegweiser zur einheitlichen Bearbeitung aller Theile der physikalischen Wissenschaft angesehen. Die neue Idee ist sogar zu einer solchen Vorherrschaft gelangt, dass man hier und da auch wohl dem falschen Gelüst begegnet, sie der Vergangenheit aufzuzwängen und den natürlichen Verlauf der Physikgeschichte dadurch zu fälschen, dass man alle früheren Hergänge und Fortschritte, anstatt mit gesundem Auge, durch eine mit dem neuen Grundgesetz gefärbte Brille betrachtet. Die Physik hat ihren Hauptinhalt gewonnen, ohne von der allgemeinen Unzerstörlichkeit der Kräfte und ohne von ihren Umbildungsformen etwas zu erfahren, was unserer heutigen Erkenntniss entspräche. Allerdings sind die Keime der neuen Einsicht von Anfang an, aber doch nur in sehr unscheinbarer Gestalt, vorhanden gewesen. Die ältesten Griechischen Philosophen hatten ja auch schon die Unzerstörlich-

keit der Materie angenommen; aber die moderne chemische Einsicht, die auf die Waage hinweisen konnte, bedeutete denn doch etwas mehr. Ebenso ist nun der Mayersche Grundgedanke, mit dem mechanischen Aequivalent der Wärme als Stützpunkt, denn doch etwas Anderes, als der bereits bei Galilei vorhandene Satz von der Gleichheit des Fallens und Aufsteigens, also von dem Verbrauch der im Fallen erlangten Geschwindigkeit bei der Erhebung zur selben Höhe. Von der obenein falschen, blos philosophirerischen Idee des Descartes, dass sich die Bewegungsquantitäten erhielten, lohnt es sich gar nicht zu reden. Die wirklichen Keime aber, die sich bei Galilei regten, wurden erst von Huyghens soweit entwickelt, dass ein selbständiges, wenn auch nur partielles Grundgesetz vorlag, an dem sich ein Leibniz wenigstens noch dadurch wichtig machen konnte, dass er ihm einen besondern Namen, nämlich denjenigen des Princips der Erhaltung der lebendigen Krätte, anzutaufen verstand. Mit dieser Namengebung war das Leibnizsche Verdienst erschöpft, und Daniel Bernoullis Anwendung auf das Beispiel der Attractionen und nach einem Wink von Huyghens auch auf die Bewegung der Flüssigkeiten erläuterte die Angelegenheit noch ein wenig. Zergliederungen von Jacob Bernoulli hatten eine Auflösung des Erhaltungssatzes in seine Elemente begründet, und so wusste man schliesslich, dass im letzten Grunde die Häufung und Aufbrauchung der Geschwindigkeiten bei der Kraftentwicklung, also die Galileische Grundvorstellung, zusammen mit dem Umstande, dass die Fallhöhen den Geschwindigkeitsquadraten proportional entsprechen, die ganze Einsicht in das Princip der Erhaltung der lebendigen Kräfte liefern konnte, während die metaphysische Verdunkelung desselben durch Leibniz nur hemmend wirkte.

Betrachtet man den Huyghensschen Kern- und Hauptsatz, wie man muss, als den Mittelpunkt von alledem, was vor Mayer über die Kräfteerhaltung feststand, so wird man die rationalisirende Tragweite dieses Satzes weder über- noch unterschätzen. Ganz richtig hatte schon Huyghens selbst als letzten und einfachsten Grund die Unmöglichkeit des Perpetuomobile oder, mit andern Worten, der Entstehung einer Bewegung aus Nichts angegeben. Die Körper können vermöge der Geschwindigkeit, die sie im Fallen erlangt haben, mit ihrem Schwerpunkt nicht höher aufsteigen, als sie sich mit ihm zuvor bei Beginn des Falles befunden hatten; denn sonst würde die überschüssige Erhebungs-

kraft aus Nichts stammen. Es kann demgemäss ein solcher Ueberschuss nie vorhanden sein, so dass sich Gewinn und Verbrauch immer genau decken. In der That ist es der Satz, dass jede Wirkung ihre quantitativ entsprechende Ursache haben müsse, worauf in letzter Zergliederung die Huyghenssche Rechenschaft zurückführt. Das Eingehendere über alles dies sammt den Belagnachweisungen, sowie auch die bestimmtere Kennzeichnung der Art, wie Galileis Vorstellungen vom Aufsteigen auf schiefen Ebenen durch Huyghens zu dem neuen Grundgesetz umgebildet wurden, ist in meinem mechanischen Werk zu finden. Wer dieses Stück Wissensgeschichte nach Maassgabe der exactesten urkundlichen Feststellungen und mit der gehörigen Kritik erwägt, wird nicht zweifelhaft darüber bleiben können, dass bis zu unserm Jahrhundert die rationalisirende Wirkung des Satzes von der Kräfteerhaltung im engern Rahmen der gewöhnlichen Mechanik verblieb und nicht einmal dort zu allen Folgerungen führte. Der Stoss wurde noch von Lagrange als Ausnahmefall angesehen. Der Hauptsatz selbst bedeutet aber auch in seiner weitesten Fassung nie etwas Anderes, als dass es gleichsam Abschnitte oder Phasen der Kraftentwicklung giebt, in denen die sogenannte lebendige Kraft, d. h. in unserm heutigen genauen Sinne nicht etwa das Geschwindigkeitsquadrat, sondern die Hälfte davon sich verbraucht und wiedererzeugt, so dass bei der Rückkehr zu derselben Lage auch die lebendige Kraft des bewegten Systems dieselbe ist. Das einfachste Beispiel hiefür war ursprünglich und blieb stets das Pendel und zwar, sobald es die Berücksichtigung der Massen galt, das zusammengesetzte Pendel.

3. Noch bestimmter gestaltet sich die Auseinandersetzung mit dem bisherigen Grade der Rationalität, wenn wir erwägen, wie das, was wir jetzt kurzweg mit einem neuen Namen Gleichung der Arbeit nennen, eine alte und sehr einfache Sache ist, die wesentlich nichts mehr enthält als den Huyghensschen Kernsatz. Ein Körper fällt ungefähr 5 Meter; er erlangt dabei eine Geschwindigkeit von ungefähr 10 Meter, die zugleich die Beschleunigung ist, welche die Erdschwere an der Oberfläche der Erde in einer Secunde ertheilt. Wir messen gleichsam die Intensität dieses Vorgangs nach zwei Factoren, nämlich nach der Beschleunigung und nach dem Weg, der unter dieser Beschleunigung zurückgelegt ist. Das Product der 5 und 10 Meter ist, wobei ich absichtlich von der hier gleichgültigen Masse absehe,

die phoronomische Arbeit der Erdschwere, und dieses Product ist dem halben Quadrate der erlangten Geschwindigkeit, also hier der Hälfte von Hundert gleich. Dies ist die Gleichung der Arbeit, in der nur auf beiden Seiten der übereinstimmende Massenfactor weggelassen ist. Grade durch diese Weglassung wird aber klar, wie sich schon auf das blosse Galileische Fallgesetz hin eine und dieselbe Sache, nämlich das Product von Weg und Beschleunigung, noch auf eine zweite Weise, nämlich als halbes Quadrat der Endgeschwindigkeit ausdrücken lassen muss. Eine wesentlich weitere Einsicht ist aber auch keiner einzigen Vorstellung eigen gewesen, die vor Mayer vorhanden war. Die Berücksichtigung verschiedener Massen betraf nur die Ersetzbarkeit der Masse nach Maassgabe des halben Quadrats der Geschwindigkeit. Die Vorstellung von der Arbeit war natürlich an den Maschinen gewonnen worden und bedeutete daher zunächst das Product aus Weg und Gewicht oder bei nicht constanter Kraft die Summen der Producte der Elementarwege in die zugehörigen, stets annähernd als constant zu betrachtenden Massenbeschleunigungen oder zu überwindenden Hindernisse ähnlich wirkender Art. Ueberhaupt ist der Name Arbeit erst in unserm Jahrhundert in der rationellen Mechanik aufgetaucht. Lagrange hatte ihn noch nicht, aber wohl die vollständige Sache; denn seine Gleichung der lebendigen Kräfte ist zugleich die weiteste und allgemeinste Form, die man der Gleichung der Arbeit zu geben hat, damit sie nicht blos für Gewichte und constante Kraftwirkungen, sondern auch für die veränderlichen Distanzwirkungen zwischen zwei beliebigen Lagen gelte. Das eine Mal wird der Vorgang, um den es sich bei der Messung der Kraftentwicklung handelt, durch eine Function ausgedrückt, welche Wege und Massenbeschleunigungen zu constituirenden Elementen hat; das andere Mal sind es die halben Geschwindigkeitsquadrate, also Functionen der in irgend einem Augenblick vorhandenen Geschwindigkeiten und zugehörigen Massenfactoren, wodurch dieselbe sachliche Grösse rechnend bestimmt wird. Nichts mehr und nichts minder als Dies ist der wahre Gehalt der früheren Einsicht, soweit sie innerhalb der rationellen Mechanik vor der neusten Wendung bestand.

Es ist hiebei stillschweigend vorausgesetzt, dass man ganze Phasen der Kraftentwicklung in den zugehörigen Arbeiten und erforderlichen Geschwindigkeiten vergleicht. Sieht man nur auf

die augenblickliche Lage, so hat nach dem alten Princip die Erhaltung der lebendigen Kräfte nur den Sinn, dass diese Grössen in den correspondirenden Lagen immer wieder gleich werden. Bei dem Pendel ist in der höchsten, also in der Umkehrlage, die Geschwindigkeit und mithin auch die lebendige Kraft Null, und dieser Kräftezustand findet sich bei der Erhebung auf der einen wie auf der andern Seite immer wieder. Aehnlich und noch einfacher gestaltet sich die Sache, wenn man sich den frei fallenden Körper, etwa durch Elasticitätsrückwirkung, immer wieder zur selben Höhe aufsteigend denkt. Alsdann hat in den correspondirenden Lagen die lebendige Kraft immer denselben Werth; sie ist bei dem oberen Umkehrpunkt Null und bei dem unteren ein Maximum, nämlich diejenige, welche bei der Hervorbringung des Aufsteigens verschwindet. Dieses Verschwinden ist es nun, welches zuerst und ausschliesslich durch die Vorstellungsart Robert Mayers als etwas blos Scheinbares gekennzeichnet wurde. In dem wirklichen Aufsteigen bethätigt sich ein gewisses Maass verfügbarer Gesammtkraft; aber das Ergebniss ist nicht überhaupt Null, sondern ein auf der so erzeugten Distanz beruhendes Kraftverhältniss, eine Fallmöglichkeit oder, wie es Mayer sofort nannte, eine Fallkraft. Diese letztere, blos mögliche Kraftentwicklung ist nun aber ganz wie die wirkliche zu messen, nämlich durch ihr mögliches Ergebniss, also durch das Product aus dem möglichen Weg und der zugehörigen Beschleunigung sowie auch durch das halbe Quadrat der erzeugbaren Endgeschwindigkeit. Der neue Schritt in der Vorstellungsart ist offenbar sehr original und zunächst sogar paradox; denn ein blosser Zustand des Entferntseins in Bezug auf eine im Bereich dieser Entfernung wirkende Naturkraft soll selbst als Kraftverhältniss, ja ganz eigentlich als Kraft angesehen und veranschlagt werden. Die Engländer haben indessen nicht lange gezögert, sich diese neue Vorstellungsart, wenn auch nicht voll und ganz, so doch halb, und wenn auch nicht mit klarem Bewusstsein von ihrer Tragweite, so doch in der verworrenen und verwirrenden Gestalt eines wunderlich gemischten Sprachgebrauchs anzueignen. Ihre älteren Schriftsteller, wie beispielsweise Thomas Young im Anfange des Jahrhunderts, hatten schon das Wort Energie gebraucht, um den Leibnizschen und auf dem Festland herrschenden Ausdruck lebendige Kraft zu vermeiden. Seit nun Herr Joule nach den Mayerschen Entdeckungen vom Jahre 1842 seine, das bereits von Mayer

berechnete Wärmeäquivalent erläuternden Experimente angestellt hatte, kam man auf Englischem Boden allmälig dazu, von sogenannter potentieller Energie, von Erhaltung der Energie u. dgl. zu reden. Der Ausdruck potentielle Energie sollte jenen Zustand der blossen Disposition bezeichnen, in welchem die Energie eigentlich verschwunden ist, von dem aus sie aber wieder thatsächlich erzeugt werden kann. Bei etwas Sprachgefühl nimmt sich die Verbindung der Ausdrücke potentiell oder möglich und Energie oder Wirklichkeit recht komisch aus, zumal wenn man sich erinnert, dass man viele Jahrhunderte hindurch die Wörter virtuell und potentiell als völlige Gegensätze des Actuellen und der Energie gebraucht hat. Mag indessen die gemissbrauchte Sprache sich selbst helfen; der sachliche Kern bleibt, obwohl etwas verdunkelt, doch immer der, dass man, um die Stetigkeit in den Kraftzuständen festzuhalten und dem Erhaltungsgedanken mehr zu genügen, die Energie, Arbeit oder lebendige Kraft auch da noch als vorhanden angesehen hat, wo sie, nach strengerer und besserer Auffassung, als durch ein eigenartiges Verhältniss ersetzt zu denken ist. Die sogenannte potentielle Energie eines Körpers, der sich in einer gewissen Höhe über dem Erdboden befindet und daher eine Strecke frei fallen kann, ist diejenige Arbeit oder lebendige Kraft, welche dieser Strecke entspricht. Nach Mayers vollkommnerer, also nicht blos halb acceptirter Vorstellung ist aber die Arbeit oder lebendige Kraft nur das indirecte Maass jenes ganz andern und eigenartigen Kraftzustandes, der durch das Dasein der Distanz ausgedrückt wird und an sich selbst mit Bewegung nicht das Geringste zu schaffen hat. Dieser Kraftzustand ist im Gegentheil eine Form, in welcher die Bewegung aufgehört hat. Er ist mithin das Gegentheil des Bewegungszustandes, und die einseitigen Bewegungsphysiker, die Alles in Bewegung auflösen wollen, mögen daran erinnert sein, dass die grössten Forscher und Entdecker diesem Abwege ferngeblieben sind.

4. Wir befinden uns mit den vorangehenden Ueberlegungen noch innerhalb des alten Gebiets der Mechanik und wollen auch den Uebergang zum specieller Physikalischen, also zur Wärmegestalt der Kraft, noch gar nicht einmischen. Grade bei dieser strengen Trennung zeigt sich nämlich, wie weit man in rationellen Unzerstörlichkeitsvorstellungen wirklich gediehen ist. Ohne die Dazwischenkunft der zunächst noch blos formell aussehenden

Mayerschen Wendung, die vorher gekennzeichnet wurde, müsste es in der Kette offenbar noch an dem Hauptgliede fehlen. Wo ist, müsste man fragen, die Kraft geblieben, die in der Anfangsgeschwindigkeit eines Körpers steckte, der gegen die Schwere bis zum Umkehrpunkt, also bis zum Verbrauch aller seiner Geschwindigkeit aufgestiegen ist? Eine blosse Möglichkeit des Wiederfallens kann an sich hier gar nichts helfen. Nach einer punktuellen Wirklichkeit, die sich auf den Augenblick der zu Null gewordenen Geschwindigkeit bezieht, wird gefragt. Diese Wirklichkeit kann aber nicht als blosse räumliche Entfernung gedacht werden; denn auch ein mit unveränderter Beharrungsgeschwindigkeit bewegter Körper ändert seinen Ort und seine Entfernungslagen und zwar ebenso wirklich und sachlich, wie es nur in irgend einem andern Falle der Entfernungshervorbringung möglich ist. In der That ist in jenem ersteren Fall der Raum nur das Mittel, die Wirksamkeit der Beschleunigung während einer Entwicklungsphase der Kraft zu veranschlagen. Allerdings ist das Erzeugte eine Distanz, aber mit der Bedeutung, dass diese Distanz die Ueberwindung einer Kraft vorstellt, die sich dem Durchlaufen entgegensetzte und die dennoch entstandene räumliche Trennung wieder aufzuheben strebt. Die neue Kraftform ist also nicht die Geschwindigkeit oder sogenannte lebendige Kraft Null, sondern der errungene Abstand in Beziehung auf eine ihn zu hindern, zu mindern, ja gänzlich zu vernichten bestrebte Gegenkraft. Diese Gegenkraft hat den Charakter einer Gesammtkraft, wenn man ihre volle Wirksamkeit für den ganzen verfügbaren Raum in Anschlag bringt. Was nun als Gleichwerthigkeit gegen diese Gesammtkraft gewonnen wurde, ist selbst eine Form der Gesammtkraft und ein Zustand, in welchem sich die vorgängige Arbeit nicht etwa in der Bewegung, die ja schon verschwunden ist, sondern in einer Lage vergegenständlicht hat. Das unzerstörliche Etwas, welches man gleich der Materie überall wiederzuerkennen sucht, hat hier also die Gestalt einer Kraftdistanz d. h. einer Distanz, die nur in Beziehung auf eine zugehörige Kraft ihre Bedeutung erhält. Das Wort Kraftdistanz ist sprachlich nicht weniger berechtigt, als der Ausdruck Kilogrammeter; aber es hat eine mehr als blos analoge Bedeutung; denn es bezeichnet nicht die Arbeit selbst, sondern deren Ergebniss und ruhendes Correlat. Diese Vorstellungsart ist die subtilste, zu welcher man bis jetzt gelangt ist; aber dieser Punkt der Ratio-

nalität war eben auch schon durch Mayer erreicht, und die heutige gewöhnliche Manier, den Gegenstand zu behandeln, ist im Verhältniss dazu noch nebelhaft rückständig und ungenau. Es ist also innerhalb der Mechanik seit Anfang der vierziger Jahre nach dieser Seite hin kein Fortschritt gemacht worden. Wohl aber fehlt es noch heute an dem hinreichenden Verständniss, ja meist noch an der blossen Kenntniss jener Kühnheit, die darin lag, ausdrücklich einen Zustand der Nichtbewegung gleichsam als eine latente Form der Kraft und als Gleichwerthigkeit der Arbeits- und Bewegungsform, ja als Verwandlungserzeugniss dieser letztern Form aufzufassen.

Das Wort Verwandlung führt die zur Phantasterei geneigten Physiker leicht irre; es ist daher mit Vorsicht zu brauchen und kann übrigens auch zurücktreten, wenn nur das Wesen der Sache richtig gekennzeichnet wird. Die Einerleiheit eines unzerstörlichen Etwas, welches nie verschwindet, sondern im Kerne sich selbst gleich, wie die Materie, nur der Vertheilung, Uebertragung und verschiedenartigen Aeusserung fähig ist, bleibt die Hauptsache. Einerleiheit oder Identität ist aber ein letzter einfacher Begriff und überdies noch durchsichtiger und noch weniger etwaigen frivolen Anfechtungen ausgesetzt, als derjenige der Ursächlichkeit oder speciell der sich in der Wirkung quantitativ erhaltenden Ursache. Umbildung, Verwandlung, neue Form, — alle diese Ausdrücke bedeuten nichts weiter, als dass jenes Eine, welches uns das eine Mal in der Beharrungsgeschwindigkeit, das andere Mal in einem mechanischen Arbeitsquantum und schliesslich in einer dynamisch begründeten Distanz vorliegt, unter besondern Umständen auch eine besondere Art der Bekundung haben muss. Da dieses Eine, gleich der Materie, in einem bestimmten, der Grösse nach messbaren Vorrath vorhanden ist, so wäre man sogar berechtigt, aus diesem Gesichtspunkt von einer Materialität der Kraft zu reden. Angesichts einer solchen Redeweise und Vorstellung dürfte aber die Gelegenheit zu fehlgreifenden Phantasien über die Verwandlungsformen der Kraft ohne Gefahr sein; denn auch bei der Materie redet man bisweilen wohl von Verwandlung, ohne dass es deswegen einem sich so ausdrückenden Chemiker einfiele, an etwas Anderes als an Arten der Zusammensetzung und Trennung von Grundbestandtheilen zu denken.

Für unsern Zweck ist ein noch weiteres Eingehen auf die

Idee der Kraftunzerstörlichkeit an dieser Stelle nicht erforderlich; denn unsere Absicht geht darauf, zu zeigen, wo noch eine weitere Zerlegung und Vertiefung des Gedankens zu gewinnen ist. Um es zunächst ganz kurz zu sagen, so ist die Einerleiheit der Kraft schon ein Begriff und Ausdruck, der mehr bedeuten kann als alle bisherigen Erhaltungsvorstellungen. Schon innerhalb des Wirkungsgebiets einer einzigen Kraft, also etwa der Schwere, ist festzustellen, wie sich das eine unzerstörliche Etwas zum Raume verhalte, wie es sich also nach Maassgabe seiner räumlichen Verbreitung bethätige. Auch hier gilt ein Grundgesetz und zwar das fundamentalste, welches sich nur irgend erdenken lässt; denn hier haben wir es noch nicht mit den specielleren Umbildungsformen der Kraft, sondern nur mit denjenigen Bestimmungen ihrer Aeusserung zu thun, die ausschliesslich von der allgemeinen Thatsache abhängen, dass der Raum die sachliche Wirkungsform aller Kräfte ist.

5. Ehe man die Phasen der Kraftentwicklung und die zugehörigen Kraftzustände miteinander vergleicht, ehe man also die elementar gehäuften Gesammtergebnisse der Kraftbethätigung oder, mit andern Worten, die zu einer Wegstrecke gehörige Gesammtkraft als Theil des allgemeinen und stets bemessenen Kraftvorraths in Frage bringt, kann man eine Vorstellung davon verlangen, wie, abgesehen von aller Phasenentwicklung, die Naturkraft als Ganzes sich zu dem ganzen Raum verhalte. Die rein thatsächliche und empirische Antwort auf diese Frage ist längst gegeben; aber weder von einer abgeleiteten Nothwendigkeit noch etwa gar von dem Gesichtspunkt der Einerleiheit eines sich im Raume nur verschieden äussernden Etwas, welches sich übrigens überall quantitativ gleich wäre, ist jemals die Rede gewesen. Betrachten wir jedoch erst die Enge und Unvollständigkeit des durch äusserliche Erfahrung Gegebenen. Die Keplerschen Gesetze wurden bekanntlich der Ausgangspunkt nicht blos für die Conception der allgemeinen Schwere überhaupt, sondern auch für die Erkennung der mit dem Quadrat der Entfernung abnehmenden Wirkung jener Naturkraft. Hooke, Wren, Halley und ausser ihnen auch Newton hatten aus Keplers Thatsachen, namentlich aus dessen quantitativer Hauptbeobachtung, auf der mechanischen Grundlage der Huyghensschen Aufschlüsse über die Centrifugalkraft, die quadratische Wirkungsart der nach den Weltkörpern als den Centren gerichteten Kräfte erschlossen.

Auch war in der That der Schritt von dem Keplerschen Satze über das Verhältniss der Umlaufszeiten und der Entfernungen zu einer gleichwerthigen aber auf den einzelnen Raumpunkt bezogenen Form des Grundgesetzes nicht schwer. Da es sich annähernd um Kreise handelte, so hatte man für Kreisbahnen sofort die vergleichbaren Geschwindigkeiten, die sich demgemäss wie die Wurzeln aus den umgekehrten Werthen der Entfernungen verhalten mussten. Nach Huyghens' Ausdruck der Centrifugalkraft oder hier der ihr gleichen Centripetalkraft mussten aber die Quadrate jener Geschwindigkeiten, die sich dem umgekehrten Werth des Radius proportional ergeben, noch durch den Radius dividirt werden, und so hatte man das umgekehrte Quadrat der Entfernung als Maass des Verhältnisses, in welchem sich die Centripetalkraft im Raum abändert. Durchläuft man diese paar Schlussglieder in der entgegengesetzten Richtung, indem man von der quadratischen Wirkungsart als Grundvoraussetzung ausgeht, so erhält man den Keplerschen Hauptsatz, dass sich die Umlaufszeiten im zusammengesetzten Verhältniss der Entfernungen und ihrer Wurzeln ändern, wobei natürlich strenge Kreisbahnen vorausgesetzt sind, um die unerheblichen Modificationen des Ausdrucks, die bei der Ellipse nothwendig werden, principiell und im Interesse der einfachsten Darlegung des Gehalts des fraglichen allgemeinen Naturgesetzes auszuschliessen. Auch ist übrigens alle umständlichere Deduction mit Berücksichtigung der Excentricitäten nur unter geordnetes mathematisches Beiwerk, von dem man den Kern der Sache, wenn es auf dessen Erfassung an sich selbst ankommt, frei erhalten muss. Strenge Kreisbahnen, in denen also die quergerichteten Geschwindigkeiten mit ihrem centrifugalen Bestreben die Schwere genau und ohne Deficit aufwiegen, sind überhaupt das passendste Schema, nicht nur um die Schlüsse auf ihre einfachste und reinste Gestalt zu bringen, sondern auch um überhaupt Untersuchungen über die grundgesetzliche Wirkungsart der Schwere im Raume anzustellen. Hiebei sieht man denn auch ohne Weiteres, dass die sogenannte Ableitung des Keplerschen Hauptsatzes in ihrer Bedeutung gewöhnlich überschätzt wird, da sie nur die blos formelle Umkehrung einer materiell inductiven Herleitung aus eben jenem Satze vorstellt. In diesem Ableitungscirkel würde gar nichts Neues enthalten sein, wenn nicht schon vorher die Huyghenssche Bestimmung des Verhältnisses von Geschwindigkeit und Central-

kraft dazwischengetreten wäre. Diese Bestimmung selbst beruhte aber wiederum auf dem Galileischen Schema jeglicher constanter Kraftwirkung, welches am Beispiel der Schwere gewonnen war. So sind es also die combinirten Materialien von Galilei, Kepler und Huyghens, womit die Engländer den noch fehlenden Schluss auf eine quadratisch wirkende allgemeine Schwere zu Stande brachten, ohne irgend einen weiteren Schritt zur Feststellung dieser nur inductiv verbürgten Wirkungsart zu thun.

Man hat an Stelle des Keplerschen Hauptsatzes eine elementarere Gleichwerthigkeit, die aber von gleich inductivem Ursprung und daher in ihrer letzten Verbürgung um nichts rationeller ist, als die Keplersche Beobachtung selbst. Diese Sachlage ist das unverändert fortdauernde Facit der letzten zwei Jahrhunderte. Kein weiterer Grund für die quadratische Wirksamkeit ist angegeben worden, und doch hat man natürlicherweise bei jedem zusammengesetzten Verhältniss nach der sachlichen Bedeutung seiner einzelnen Factoren zu fragen. Ausserdem ist inzwischen der Thatsachenstoff bezüglich der nämlichen quadratischen Wirkungsart auch auf andere Naturkräfte erweitert worden. Die elektrischen Kräfte unterliegen nachweisbar in ihrem statischen Verhalten genau demselben Gesetz der im Quadrat der Entfernung erfolgenden Wirkungsabnahme. Ueberhaupt ist man noch nirgend, soviel Dunkel auch noch die Beziehungen und absoluten Grössen der Molecularkräfte verhüllt, irgend welchen Naturkräften nähergetreten, ohne zugleich auch der Nöthigung zu der ganz allgemeinen Voraussetzung der quadratischen Wirkungsart immer näher zu kommen. Ich meine nun, vom Standpunkt meiner Untersuchungen, von denen ich in dieser Schrift aber nur einen Theil bereits veröffentlichen kann, zunächst das Grundgesetz formuliren zu müssen, dass die räumliche Verschiedenheit der Kraftbethätigung eben auch nur eine Form ist, in welcher sich das eine und unzerstörliche Etwas des der Materie zukommenden Kraftganzen stets nach einem und demselben Schema darlegt.

6. Die Schwerkraft als Ganzes ist jedesmal von der Materie abhängig, von der sie ausgeht. So ist die Schwerewirkung des Erdkörpers in jeglichen und mithin für den ganzen Raum ein bemessenes und unzerstörliches Etwas, welches der Masse, also der Menge der materiellen Theile entspricht, die zum Erdkörper vereinigt sind. Von dieser Kraftgesammtheit ist aber die ver-

einzelte Stellenwirkung im Raume verschieden. Der Raum ist die Wirkungssphäre, und in die letztere hinein ist der einheitliche Kraftfond, der überall sich selbst gleich bleibt, so zu sagen fortgeleitet und verbreitet. Man könnte sogar daran denken, einfach die concentrischen Kugelschichten, wie Schaalen von verhältnissmässig geringer Dicke, als aufeinanderfolgende Gesammtörter zu betrachten, in welche dieselbe Kraftmenge, wie durch Mittheilung auf ein materielles Medium, übergeht. Alsdann wäre der Grund der quadratischen Abnahme unmittelbar klar. Indessen bleibt eine solche Vorstellungsart solange unzulässig und dunkel, als nicht die specielle physikalische Wirkungsart der Schwere selbst aufgeklärt und die blos äusserliche Thatsache einer übrigens unmotivirten Fernwirkung beseitigt ist. Es giebt wohl kein absurderes Stück Metaphysik, als dasjenige, welches in der Newtonschen Zumuthung lag, die Thatsache der centripetalen Action der Weltkörper als eine gänzlich unvermittelte Distanzwirkung denken zu sollen. Schon Huyghens brauchte hiegegen das Wort absurd, und hundertmal besser ist es, sich bei der Thatsache lieber gar nichts, als so etwas vorzustellen. Lassen wir jedoch nicht blos diese willkürliche Erdichtung, sondern auch die vorher erwähnte, aber durch besondere Nachweisungen nicht unterstützte Vorstellungsart auf sich beruhen.

Wichtiger ist es, darauf zurückzukommen, dass die von einer Masse, also etwa vom Erdkörper ausgehende Fallverursachung, also die in diesem Sinne ausgeübte Gesammtkraft in alle Weiten hinein eine bestimmte Grösse nicht überschreitet. Linear bringt sie aus noch so weiter Ferne bis zur Oberfläche des Erdkörpers nur eine ganz bestimmte End- und Maximalgeschwindigkeit hervor. Ein verhältnissmässig kleiner Körper, der von einem unbeschränkt fern annehmbaren Punkte, also poetisch geredet gleichsam aus der Unendlichkeit, gegen die Erde bis zu deren Oberfläche fiele, würde zuletzt eine Geschwindigkeit von nicht mehr als circa 11000 Meter erreichen. Dies ist Alles, was die Schwere oder sogenannte Anziehungskraft der Erde in der linearen Bethätigungsform, also in der unbeschränkten räumlichen Linie, jemals in einer noch so grossen Zeit leisten kann. Der Durchmessung des Wegs entspricht eine Summe von Elementararbeiten der im Raum veränderlichen Schwere oder, anders formulirt, eine schliesslich durch das halbe Quadrat der letzten Geschwindigkeit dargestellte lebendige Kraft. Was man

aber auch ins Auge fassen möge, sei es die Maximalgeschwindigkeit oder die entsprechende lebendige Kraft oder die summirte Arbeit, so sind alle diese Grössen und deren Formen Kennzeichen und Maasse der begrenzten Kraft des Erdkörpers. Eben diese bestimmte Kraftgrösse erstreckt sich in den ganzen Raum, den wir uns übrigens als Sachraum und mithin als eine durch die Kräfte selbst als ein Inbegriff von Distanzen bestehende Wirklichkeit denken mögen, und bei dem wir also nicht nöthig haben, in eine blosse Phantasieunendlichkeit auszuschweifen. Jedoch auch die den Mathematikern geläufige falsche Vorstellung von einer positiv gegebenen Raumunendlichkeit würde an sich nicht hindern können, die Begrenztheit der Kraft streng festzuhalten. Das Rationellste wird aber immer darauf hinauskommen, sich eine verhältnissmässig grosse Wirkungssphäre vorzustellen und diese mit dem ganzen in Frage kommenden materiellen, also etwa durch ein leitendes Medium dargestellten und durch dessen Begrenzung bestimmten Raume zusammenfallen zu lassen.

Hienach sind die begrenzte Gesammtkraft und der zugehörige Gesammtraum die beiden Dinge, durch deren Verhältniss die verschiedenen Stellenwirkungen der Kraft bestimmt werden. Diese Stellenwirkungen entsprechen dem Gesammtvorrath der Kraft nach Maassgabe der räumlichen Anordnung der aufeinander wirkenden Materien. Der Gedanke, dass die Massen selbst die Gründe der zwischen ihnen befindlichen Abstände sein können, kann als eine thatsächliche Erläuterung und als eine Art Vorbereitung zu der noch tiefer eindringenden Wahrheit unseres Grundgesetzes dienen. Newton meinte noch, dass die Abstände der Weltkörper mit der Gravitation und überhaupt mit Naturgesetzen nichts zu thun hätten. Statt eine Rechenschaft zu geben, verwies er auf das willkürliche Belieben seines „Herrgottes“. Es ist mir jedoch nicht schwer geworden, auf einem sehr einfachen Wege eine nothwendige Beziehung zu finden, die von der Anordnung der Massen Einiges erklärt, hiedurch wenigstens das unwissenschaftliche Vorurtheil gegen die Möglichkeit solcher Einsicht wegräumt und Mehr in Aussicht stellt, sobald die Folgerungen des vertieften Grundgesetzes gezogen werden.

Zwischen zwei Weltkörpern giebt es nicht blos einen Schwerpunkt, sondern auch einen Nullpunkt der Schwere. Mit letzterem Ausdruck meine ich denjenigen Punkt der Verbindungslinie, in

welchem die Schwere gegen den einen Körper diejenige gegen den andern zu Null aufhebt. In diesem Punkte der gleichen Anziehung, wie man ihn auch nennen könnte, würde irgend ein kleiner Körper weder nach der einen noch nach der andern Richtung getrieben werden, sondern in Ruhe verbleiben. Diese Vorstellung dient jedoch nur zur Veranschaulichung. Die Hauptsache bleibt, dass der Nullpunkt der Schwere die Wirkungssphären beider Körper in zwei Gebiete theilt, so dass, was den einen Körper umkreisen soll, auch eben noch innerhalb seines Gebietes liegen muss; denn andernfalls würde die Anziehung des andern Körpers sich die betreffende Masse zum Trabanten oder Planeten machen. Für das Verhältniss der Sonne und der Planeten ergiebt sich also die Nothwendigkeit gewisser Anordnungen der Massen der Trabanten. Für letztere giebt es keinen Spielraum, der nicht innerhalb des Nullpunkts der Schwere liegen müsste. Die Sonne würde den Mond zu ihrem eignen Planeten machen, wenn sein Abstand von der Erde nicht ein geringerer wäre als der desjenigen Punktes, bei welchem die Sonnenanziehung der Erdanziehung die Waage hält. Die Mondsysteme aller übrigen Planeten sind an eben dieses Gesetz der Lage und verhältnissmässigen Nähe gebunden; aber auch die Sonne in Bezug auf ihr ganzes System und namentlich auf den entlegensten Planeten kann in ihrer ungestörten Wirksamkeit nicht gedacht werden, wenn nicht der nächste Fixstern, je nach dem Verhältniss seiner Masse, eine derartig hinreichende Entfernung hat, dass der Nullpunkt der Schwere zwischen ihm und der Sonne jenseit des planetarischen Gebiets zu liegen kommt.

7. Da sich der Nullpunkt der Schwere durch eine Distanztheilung bestimmt, welche nach dem umgekehrten Verhältniss der Quadratwurzeln der Massen zu vollziehen ist, so besteht das allgemeine Ergebniss unserer Ueberlegung darin, dass die räumliche Anordnung gegeneinander schwerer und umeinander bewegter Körper von den in ihnen vereinigten Mengen der Materie, also schliesslich von den Gesammtkräften der Schwere selbst, abhängt. Die quergerichteten Geschwindigkeiten sind hiebei zunächst immer als genaue Aufwiegungen der jedesmaligen Schwere vorausgesetzt; aber auch der ganze Spielraum der Abänderungen, der für sie denkbar ist, kann das Hauptverhältniss nicht umgestalten. Soll nämlich ein dauerndes System von geordneten und regelmässig wiederholten Umläufen bestehen, so muss der Nullpunkt

der Schwere für die beiderseitige Sphärenabgrenzung maassgebend bleiben. Unter allen Umständen sind also die Mengenverhältnisse der Materie oder, was dasselbe heisst, deren centrale Verdichtungen und Anhäufungen im Raume auch zugleich Bestimmungsgründe für gewisse Zwischendistanzen. Weiter verfolgt, muss dieser Gedanke aber auch dahin führen, sogar die absoluten Entfernungen mit den Massen und demgemäss mit den Gesammtkräften der Schwere in Zusammenhang zu bringen. Blosse Relativitäten genügen hier nicht; denn Raum wie Masse und Kraft sind absolute Quantitäten. Doch bedürfen wir hier dieser weiteren Untersuchungen nicht. Es ist genug, dass wir an einem unzweideutigen und sichern Beispiel erkannt haben, wie die räumlichen Anordnungen der Materie mit den von eben dieser Materie ausgehenden Kräften zusammenhängen. Wir können nun zu unserem allgemeineren Gegenstande, dem Grundgesetz der räumlich verschiedenen Stellenwirkung der übrigens einheitlichen und auch quantitativ sich überall selbst gleichen Kraft oder speciell Schwerkraft, zurückkehren und zusehen, welche Indicien diese letztinstanzliche Auffassung der Vorgänge in den verschiedenen Richtungen für die fundamentalste Erklärung der Naturthatsachen liefert.

Ausser dem Gesetz der allgemeinen Schwere ist noch ein moleculares Verhältniss in Frage zu bringen, in welchem Raum und Kraft sich in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit noch unmittelbarer beobachten lassen. Ich meine das Zusammendrückungsgesetz der Gase, welches in seiner bisherigen, noch principiell unzulänglichen ja eigentlich falschen Gestalt gewöhnlich den Namen des Mariotteschen führt. Im nächsten Capitel wird gezeigt werden, wie die Mariottesche principiell unrichtige Formulirung durch eine andere zu ersetzen ist, in der ein wirkliches Naturgesetz zum Ausdruck gelangt, und an die zwar Daniel Bernoulli schon 1738 vorübergehend streifte, die er aber sich nicht nur selbst wieder entgehen liess, sondern die auch von den neusten Anhängern seiner Vorstellungen über die Gase, wohl grade weil sie den bessern Theil der Sache vertrat, zur Seite gelassen wurde. Ausser der Gravitation und etwa noch den elektrischen Kräften giebt es wohl kein Gebiet, wo sich ein einfaches Naturgesetz des Zusammenhangs von Wirkungsgrösse und räumlichem Abstand so entschieden ankündigte, als bei dem Verhalten der Gase. Ueberdies ist nach dieser Seite hin nicht blos

die Physik, sondern auch die Chemie in Frage; denn das Zusammendrückungsgesetz der Gase erhält einen weit bestimmteren molecularen Sinn, sobald mit ihm der Satz Avogadros vereinigt wird, dass bei gleichem Druck und gleicher Temperatur in gleichen Räumen bei den verschiedensten Gasen stets eine gleiche Anzahl von Molecülen enthalten ist. Lässt man sich nämlich nicht durch den schlechteren Theil der Bernoullischen Vorstellungsart bestimmen, der im nächsten Capitel kritisch zu beseitigen ist, lässt man sich also namentlich nicht auf die neusten, zum völligen Chaos der Molecülbewegung entarteten Ansichten ein, so erhalten die gegenseitigen Entfernungen der Molecüle eine entscheidende Bedeutung für die zwischen und an ihnen obwaltenden Kraftverhältnisse. Es wird alsdann möglich, unser Grundgesetz der Einerleiheit der Kraft, die sich nach Maassgabe der räumlichen Umstände verschieden äussert, in strengster Weise zu bewahrheiten. Auch erhält dieser Anwendungsfall eine um so grössere Wichtigkeit, als es sich hier nicht unmittelbar um Kräfte handelt, deren Wirkungsergebnisse denen der Schwere ähnlich sähen. Es ist also nicht unmittelbar dasselbe allgemeine Wirkungsschema, sondern eine specialisirte Gestalt der Verhältnisswirkung von Raum und Kraft, womit wir es an zweiter und wichtigster Stelle nach Besprechung der Schwere zu thun bekommen.

8. In diesem Capitel haben wir uns aber noch ausschliesslich mit dem Grundschema der räumlichen Existenz der Schwerkraft zu befassen. Die quadratische Wirkungsart weist auf eine Zusammensetzung von Factoren hin; es ist aber nicht schwer, ein einfaches Entfernungsverhältniss als gleichwerthig einzuführen, indem man anstatt der punktuellen Kraftantriebe die Gesammtwirkungen oder, wie wir es auch schon genannt haben, die Gesammtkraft für ausgedehnte Strecken betrachtet. Es ist eine sehr einfache Summirung oder, was dasselbe heisst, eine völlig elementare Integrirung zwischen Grenzen, wodurch die Gesammtheit aller punktuellen oder vielmehr theilchenweise wirksamen Bethätigungen der Schwere bei dem Durchmessen einer beliebigen kosmischen Entfernung gewonnen wird. Löst man nämlich den für das Beispiel der Erdschwere gewöhnlich durch g ausgedrückten gemeinsamen constanten Factor ab, so ist jede Arbeit für das Raumtheilchen durch einen Bruch auszudrücken, dessen Zähler durch das willkürliche und mithin constante Differential

der Entfernung, und dessen Nenner durch das Quadrat der Entfernung gebildet wird. Bezieht man alle Zahlen auf die Metereinheit, so kann man zur Veranschaulichung jenes Wegtheilchen, welches unbeschränkt klein gewählt werden kann und thatsächlich immer verhältnissmässig klein gewählt werden muss, etwa einem Meter gleich ansetzen. Es ist alsdann klar, dass sich die für jedes Meter Weg erzeugten Geschwindigkeiten summiren. Was sich aber in der Rechnung leichter summiren lässt, sind die Arbeiten, deren veränderlicher Factor durch den gekennzeichneten Bruch ausgedrückt wird. Dieser Bruch ist das Differential des umgekehrten Werths der Entfernung oder, noch elementarer geredet, annähernd die Differenz zweier aufeinanderfolgender umgekehrter Werthe der Entfernung. Die Schwerewirkung für eine beliebige Strecke entspricht also einer Differenz von zwei Brüchen, welche die Einheit zum Zähler und die erste und letzte Entfernung zu Nennern haben. Soll die erste Entfernung unbeschränkt gross angenommen werden, denkt man sich die Schwere also aus der ganzen Weite des Raumes wirksam, so wird der Werth des einen Bruches so gut wie zu Null, und es bleibt als Maass der bis zu einem bestimmten Abstande vom Erdmittelpunkt bethätigten Schwere nur der umgekehrte Werth dieses Abstandes übrig. Rechnet man unmittelbar in Erdradien als Einheiten, so ist also $\frac{1}{r^2}$ der Maassfactor, nach welchem sich die auf die Oberfläche bezogene punktuelle Erdschwere g, die zufolge dieser Wahl den constanten Factor bildet, mit der Entfernung ändert. Dagegen wird $\frac{1}{r}$ das entsprechende Maass für die aus unbeschränkter Ferne bis zum Abstande r ausgeübte Gesammtkraft. Es versteht sich, dass wenn man die Gleichung der Arbeit ansetzt, um etwa die erlangte Geschwindigkeit zu berechnen, man hier auch g in der Einheit des Erdradius ausdrücken oder aber von vornherein auch das Entfernungsverhältniss r als einen Bruch darstellen muss, in welchem der die Einheit vertretende Erdradius wie g in Metern auszudrücken und demgemäss mitzuquadriren ist. Diese Nebenbemerkung hat jedoch nur für die einen Sinn, die etwa weitere Rechnungen und Bewahrheitungen anstellen wollen, und bleibt für die Grundvorstellung gleichgültig. Diese letztere besteht aber darin, die Schwere nicht durch den punktuellen Antrieb irgend einer Stelle

im Raume, sondern durch eine Gesammtwirkung zu messen, die aus unbeschränkter Ferne bis zu einer bestimmten Distanz oder auch bis zur Erdoberfläche ausgeübt wird. Nennen wir die entsprechende Summe von Antrieben die Gesammtkraft und setzen wir dieselbe bei der Einheit des Abstandes, d. h. an der Erdoberfläche, wie wir müssen, ebenfalls als vollständige Einheit, so können wir sagen, dass die Gesammtkräfte oder, wenn man will, die Theile der Gesammtkraft, die aus unbeschränkter Ferne bis zu einem bestimmten Abstande erzeugt werden, im umgekehrten Verhältniss dieser Abstände stehen.

9. Obwohl es, nachdem man längst und beispielsweise auch bei Lagrange die Sache selbst hatte, später und besonders nach den vierziger Jahren Mode geworden ist, den von Greens *potential function* entlehnten Ausdruck Potential freigebig bei allen Gelegenheiten zu gebrauchen, so habe ich ihn doch absichtlich vermieden und zwar aus zwei Gründen. Erstens hat er gewöhnlich einen zu einseitig analytischen Sinn und wird demgemäss meist nur algebraisch und ohne Ausscheidung aus dem Coordinatenbeiwerk verwerthet, wie wenn es sich nur um eine zufällige Form des Calcüls handelte. Zweitens hat er zunächst vorherrschend eine statische Bedeutung gehabt, so dass er durch die Hinzufügung eines dynamischen Sinnes zweideutig geworden ist. Ausserdem sind noch über diese Zweideutigkeit hinaus bei den neusten Schriftstellern manche Unbestimmtheiten in der engern oder weitern Fassung des Sinnes anzutreffen, und so ist es da, wo man, anstatt blos analytisch, unmittelbar sachlich, und anstatt mit schwankenden Vorstellungen, mit unzweideutig festgestellten Begriffen zu operiren hat, weit zuträglicher, durch den Namen Gesammtkraft gleich das zu bezeichnen, was unter dieser Benennung in dem hier fraglichen Zusammenhange nicht missverstanden werden kann. Es sei jedoch einfürallemal daran erinnert, dass bezüglich aller Kräfteausdrücke und Kräftefunctionen, neuerdings aber besonders in Anwendung auf die Frage nach einem Grundgesetz der elektrischen Kräftewirkung, das Potential darum den äusserlich einfacheren Ausdruck liefert, weil es an Stelle der Quadrate der Entfernungen die einfachen Entfernungen zum unmittelbaren Ausgangspunkt hat. Die Meinung, dass es etwas nützen könne und vielleicht auch der vollen Wirklichkeit der Vorgänge mehr entspreche, die Potentiale anstatt der punktuellen Beschleunigungen oder augenblicklichen Kraftantriebe

von vornherein als Repräsentanten der Action der Naturkräfte aufzufassen, — diese Meinung, zu der man neuerdings unwillkürlich immer mehr gleichsam vorgeschoben und gedrängt worden ist, hat in der That ihre Berechtigung. Nur wird sich durch unsere weiteren Untersuchungen zeigen, dass der principielle Ersatz des früheren Ausgangspunktes durch die potentialen, auf die Gesammtkraft bezüglichen Gleichwerthigkeiten doch nur insofern eine mehr als formelle Bedeutung in Anspruch nehmen kann, als es gelingt, auf diesem Wege auch die noch fehlende Rechenschaft von der räumlichen Stellenwirkung einer für den ganzen Raum quantitativ unveränderten Naturkraft zu ermöglichen.

Unserer bisherigen Darlegung zufolge giebt es nun also zwei gleichwerthige Formulirungen des Gesetzes der räumlichen Kräftewirkung und zunächst speciell desjenigen der Gravitation. Entweder hält man sich an das umgekehrte Quadrat der Entfernung und hat alsdann die punktuellen Beschleunigungen als Merkmale der Kraftäusserungen im Auge; oder man nimmt die umgekehrten Werthe der Abstände zu Anzeigern der gesammten Kraftleistungen, die auf der unbeschränkten Strecke jenseit dieser Abstände im Ganzen möglich sind. Die zweite Kennzeichnungsart wird recht anschaulich, wenn man bedenkt, dass ein mit der genau entsprechenden Geschwindigkeit aufsteigender Körper die Erdschwere, in das Unbeschränkte hin, grade aufheben, also niemals umkehren und wieder fallen, sondern weder mehr noch weniger thun würde, als eine der gesammten Schwere gleiche Gegenkraft ohne Aufhören entwickeln. Die solchen Geschwindigkeiten entsprechenden lebendigen Kräfte verhalten sich wie die umgekehrten Werthe der Abstände, bei denen das Aufsteigen beginnen soll. Diese Vorstellung genügt jedoch an sich noch nicht, um die eigentlichen Stellenwirkungen der Schwere auf eine in das Grundgesetz tiefer einführende Art miteinander zu vergleichen.

Für letzteren Zweck ist es erforderlich, die gesammte Stellenwirkung, welche für einen bestimmten Abstand durch die Schwere des Centralkörpers bei streng kreisförmig vorausgesetzten Umläufen ausgeübt wird, als neues Merkmal und neue Gleichwerthigkeit der allgemeinen Wirkungsart einzuschieben. Wir vertauschen demgemäss die Schwere mit derjenigen quergerichteten Geschwindigkeit, durch welche sie an dem umlau-

fenden Körper genau aufgewogen wird. Diese Geschwindigkeit ist, wie sich auch durch die Gleichsetzung des Huyghensschen Ausdrucks für die Centrifugalkraft mit dem quadratischen Entfernungsausdruck der Schwerkraft sofort ergiebt, der Wurzel aus dem umgekehrten Werth des Abstandes proportional. Sie unterscheidet sich von der zur aufsteigenden Aufhebung der ganzen Schwere erforderlichen Geschwindigkeit nur dadurch, dass der Werth der letzteren noch mit $\sqrt{1/_2}$ zu multipliciren ist, um die erstere zu erhalten. Nimmt man anstatt der Geschwindigkeiten in beiden Fällen die halben Quadrate derselben, also die lebendigen Kräfte, so wird es vollends klar, dass sich die örtliche und punktuelle Schwere durch die in der quergerichteten Geschwindigkeit enthaltene Kraft als vertreten ansehen lässt. Die verticale Aufhebung der Gesammtkraft und die transversale Aufwiegung der örtlichen punktuellen, aber als Gewicht dauernd fungirenden Kraft sind zwei Messungsmittel, die, obwohl sie auf verschiedene Aeusserungsformen der Kraft gerichtet sind, doch als wesentlich gleichwerthige Kriterien der räumlichen Wirkungsart der unzerstörlichen Krafteinheit gelten müssen.

10. Die Art von gegenseitiger Kräfteverbindung, welche bei einer streng kreisförmigen Bahn zwischen der Geschwindigkeit und der Schwere statthat, fällt nicht unter die gewöhnlichen Schemata, deren Natur in der bisherigen Mechanik selbständig und zutreffend gekennzeichnet wird. Das Gleichgewicht im Sinne der gegenseitigen Hinderung der Kräfte an einer Bewegung ist die eine der herkömmlich geläufigen Combinationsgestalten; die andere besteht in der Bethätigung des Uebergewichts durch Erzeugung einer Geschwindigkeit und bezieht sich also immer auf eine Beschleunigung oder Verzögerung. Statische und dynamische Kraftwirkung waren bisher die ausschliesslichen Grundformen, deren Eigenart man erkannte und mehr oder minder passend kennzeichnete. Es ist aber noch ein drittes Verhältniss vorhanden, welches in dem angegebenen Sinne weder als statisch noch als dynamisch gelten darf, und welches sich in Ermangelung eines bessern Ausdrucks durch die Bezeichnung als bewegliches Gleichgewicht von den beiden andern Zuständen unterscheiden lässt. Bei streng kreisförmiger Bahn findet in Wirklichkeit nicht die geringste Annäherung statt; die Schwere gelangt nie dazu, irgend eine Beschleunigung, sei sie auch noch so klein, thatsächlich zu erzeugen. Wenn man zur Untersuchung der Centri-

fugalkraft ein Abweichen von der Kreisbahn annimmt, so ist dies eben nur die Voraussetzung eventueller, virtueller, möglicher oder sonstwie als hypothetisch bezeichneter Bewegungen, deren thatsächliche Verhinderung eben hiemit zugleich bewiesen wird. Hier haben wir also gewissermaassen und insofern eine statische Wirkung, als jede Entfernungs- oder Annäherungsbewegung durch die Entgegensetzung von Schwere und Centrifugalkraft verhindert wird. Nun bleibt aber trotzdem die quergerichtete Geschwindigkeit, die senkrecht zum Radius besteht und sich auf den Fortschritt in den Theilen der Kreisbahn ja überhaupt auch genau auf denjenigen in der ganzen Bahn bezieht, vollkommen unberührt. Diese Geschwindigkeit vermindert sich nicht, obwohl sie eine Wirkung übt; denn von ihr allein stammt die centrifugale Haltung mit der die Schwere hindernden Gegenkraft. Fasste man die unvermindert fortbestehende Geschwindigkeit, trotz der Kreisbahn, als eine Beharrungsgeschwindigkeit auf, so wäre der Fall unter den Gesichtspunkt des reinen Gleichgewichts gebracht, bei dem es ja auch nicht darauf ankommt, ob der Körper, in welchem sich die Kräfte gegenseitig aufheben, noch eine Trägheitsbewegung habe oder nicht. Indessen darf hier der eigenthümliche Umstand nicht übersehen werden, dass es in unserm Fall die Beharrungsgeschwindigkeit selbst ist, aus welcher die statische Gegenkraft stammt. Ueberdies übt die Schwere, wenn auch keine räumlich annähernde, so doch eine richtende Wirkung aus, indem die Richtung der Geschwindigkeit fortwährend nach Maassgabe der Bahnkrümmung verändert wird. Es ist also durchaus erforderlich, diese Kräftecombination als eine dritte Grundgestalt anzusehen, die sich denen des gewöhnlichen Gleichgewichts und der gewöhnlichen Beschleunigungswirkung ebenbürtig anreiht, jedoch der erstern von beiden am nächsten verwandt ist. Dieser letztere Charakter rechtfertigt denn auch den Namen des beweglichen Gleichgewichts.

Es wäre nicht nöthig gewesen, in unserm Zusammenhange auf die Kennzeichnung des nunmehr als eigenartig erkannten beweglichen Gleichgewichts besondern Werth zu legen, wenn es sich nicht darum handelte, die Ersetzbarkeit der örtlichen, punktuellen, gleichsam statischen und gewöhnlich auch als Gewicht vorgestellten Schwere durch die in der quergerichteten Geschwindigkeit enthaltene Gegenkraft nachzuweisen. Dieser Ersatz kann nur platzgreifen, insotern man es mit einer wirklichen Aufwiegung,

also doch mit einem Gleichgewicht, wenn auch nur mit einem beweglichen, zu thun hat. Nur in diesem Fall lässt sich von Gleichwerthigkeit zwischen dem Fungiren der Geschwindigkeit und demjenigen der Schwere reden. Diese Gleichwerthigkeit ist aber erforderlich, um das System aller Stellenwirkungen der Schwere durch ein System quergerichteter Geschwindigkeiten als in der entgegengesetzten Richtung aufgehoben vorzustellen. Lässt man demgemäss die Schwere an sich selbst für die nächsten Ueberlegungen ganz ausser Betrachtung und denkt man sich im Raume die Wirkungsverhältnisse durch lauter transversale Geschwindigkeiten oder vielmehr gleich durch die ihnen entsprechenden lebendigen Kräfte dargestellt, so erhält man für die quadratische Wirkungsform eine neue Gleichwerthigkeit. Diese letztere besteht nämlich in dem Satze, dass die der örtlichen Stellenwirkung der Schwere im beweglichen Gleichgewicht entsprechenden lebendigen Kräfte sich den umgekehrten Werthen der Entfernungen proportional ändern. Ob man diesen Satz oder die quadratische Wirkungsform wählt, ergiebt für die Kennzeichnungen der allgemeinen räumlichen Schwerewirkung keinen Unterschied. Die eine Ausdrucksform kann die andere völlig vertreten; ist eine von beiden gegeben, so kann die andere daraus abgeleitet werden. Für die rationelle Ableitung des Grundgesetzes, von welchem beide nur specielle Kennzeichnungen sind, wird der Vortheil bei derjenigen Form zu suchen sein, zu welcher sich die Gedankenbrücke, die zu einer nicht blos thatsächlichen, sondern innerlich nothwendigen Einsicht führt, am leichtesten schlagen lässt.

11. Das halbe Quadrat derjenigen Geschwindigkeit, welche durch das Fallen aus unbeschränkter Ferne bis zur Kreisbahn erzeugt wird, ist dem ganzen Quadrat jener quergerichteten Geschwindigkeit gleich, deren auf dem Radius senkrechte Wirkung die Schwere aufhebt. Diese gemeinschaftliche Grösse ist überdies genau dem umgekehrten Werth des Radius, multiplicirt mit einer Constanten, gleich und daher diesem umgekehrten Werth proportional. Der Huyghenssche Ausdruck für die Centrifugalkraft $\frac{v^2}{r}$, der die eventuelle Beschleunigung in der Richtung des verlängerten Radius, also auch zugleich den Werth der nur der Richtung nach entgegengesetzten Schwere angiebt, verwandelt sich in eine Formulirung des quadratischen Wirkungsverhältnisses,

sobald man in diesen Bruch für den Zähler das proportionale $\frac{1}{r}$ einsetzt. Hätte man den eingesetzten Werth als Ausdruck der im Fallen erlangten Gesammtkraft irgendwie unmittelbar verbürgt, anstatt ihn erst selbst aus der quadratischen Wirkungsform gewonnen zu haben, so wäre auch dieser Weg eine Nachweisung des Grundgesetzes selbst. Hievon ist jedoch solange abzusehen, als nicht auch in dieser Richtung entsprechende Ableitungen vorgelegt sein werden. Dagegen ist die Einsetzbarkeit von $\frac{1}{r}$ an die Stelle von v^2 annehmbarer zu machen, sobald man das Geschwindigkeitsquadrat in dem fraglichen Ausdruck als das auffasst, was es von vornherein bedeutet, nämlich als einen der transversalen Geschwindigkeit entsprechenden Kraftausdruck. Auch hiebei ist insofern an eine Art Gesammtkraft zu denken, als ja in jeder Beharrungsgeschwindigkeit die Hälfte ihres Quadrats an lebendiger Kraft angelegt ist, und als überdies die Unterhaltung des von uns als bewegliches Gleichgewicht bezeichneten Zustandes zwar nicht die gewöhnliche Entwicklungsform einer dynamischen Kraft, aber doch das dauernde Fungiren zur Aufwiegung einer freiwirkenden Gegenkraft vorstellt. Wenn schon bei eindringlicherer Betrachtung das gewöhnliche Gleichgewicht als eine besondere, aber doch auch dauernde Form der Kraftexistenz angesehen werden muss, so ist diese Auffassungsart bei dem beweglichen Gleichgewicht noch viel näher gelegt. Ueberhaupt ist ja das quantitativ Gleichwerthige in dem statischen und in dem dynamischen Verhalten der Kraft gar nicht aufzufinden, wenn man nicht den bezeichneten Schritt thut und nicht das Gleichgewicht in seiner mehr als blos punktuellen und augenblicklichen Rolle veranschlagt. Dieser allgemeinere Theil der mechanischen Einsicht geht uns jedoch hier nicht näher an, und es ist für unsern Zweck praktisch gleichgültig, wie wir uns das Fungiren der quergerichteten Geschwindigkeiten denken, wenn wir nur die ihnen entsprechenden lebendigen Kräfte als Repräsentanten einer allgemeinen Umschwungsaction auffassen, die uns, unter gänzlichem Absehen von der Schwere, eine Vorstellung von den Verhältnissen der räumlichen Stellenwirkung einer einheitlichen und sich überall selbst gleichen Bewegungsursache liefern kann.

Nach dem Vorangehenden würde nun der zunächst in Frage

kommende Satz dahin lauten, dass die halben Quadrate der quergerichteten Geschwindigkeiten Umschwungsthätigkeiten darstellen, die in ihrer Stellenwirkung proportional mit den umgekehrten Werthen der Entfernungen abnehmen. Man verwechsele in diesem Satze nicht die uns aus der Erfahrung bekannte Thatsache mit dem, was aus einem höchsten mechanischen Princip zu erkennen ist. Stellen wir uns, um das denkbar einfachste und zugleich allgemeinste Schema zu wählen, zwei Massenpaare oder, gewöhnlicher zu reden, zwei Paare materieller Punkte vor. Das zweite Paar dieser gleichen gegeneinander schweren Massen mag einen Abstand haben, welcher das Doppelte desjenigen des ersten ist. Die Schwerpunkte sollen zusammenfallen, die Umlaufsbewegungen streng kreisförmig sein und bei dem Anfang der Bewegung die Verbindungslinien ebenfalls eine und dieselbe Gerade sein. Bei dieser Anordnung ist ersichtlich, wie die Erzeugung von quergerichteten, auf der Verbindungslinie senkrecht stehenden Antrieben, die sich wie in einem Stoss fast augenblicklich zur Umlaufsgeschwindigkeit summiren, wenigstens ein Bild liefert, um sich die mit der Entfernung veränderlichen Verschiedenheiten des gegenseitigen Umkreisens der Intensität nach vorzustellen. Diese Vorstellung gestaltet sich hier so, dass in dem Raume gar nichts weiter als die beiden Massenpaare vorauszusetzen ist. Wir können jedoch auch irgend einen grossen Körper, also etwa die Erde, als entscheidende Hauptmasse wirken lassen und dann in einfacher und doppelter Entfernung von seinem Mittelpunkt blos zwei kleine und gleiche Körper annehmen, die mit den entsprechenden Umlaufsgeschwindigkeiten behaftet sind. Unter allen Umständen werden wir uns dann vorzustellen haben, dass die einheitliche Umlaufskraft, die durch die in der Geschwindigkeit enthaltene oder zur Erzeugung dieser Geschwindigkeit erforderliche lebendige Kraft dargestellt wird, sich örtlich in ihrer Stellenwirkung mit den umgekehrten Werthen der Entfernungen ändert. Auch leuchtet ein, dass diese Vorstellung als Ausgangspunkt sehr einfach ist und mehr als blosse Analogien allgemeiner Principien der Mechanik zur Unterlage hat. Vergleichen wir nämlich das Verhalten jedes der beiden fraglichen Punkte, welche den beiden Massenpaaren angehören, oder auch jener beiden auf die Erde bezogenen Körper miteinander, so können wir zwischen den Vorgängen in beiden eine völlige Gleichwerthigkeit annehmen, sobald wir nur die lebendige Kraft des näheren bei dem ent-

fernteren nach Maassgabe des doppelten Abstandes auf die Hälfte reducirt denken und diese Reduction wiederum durch eine veränderte Formwirkung der Kraft, nämlich gleichsam durch das Wirken am doppelten Radius, ausgleichen lassen. Auf diese Weise wird die Vorstellung von der Identität einer und derselben, sich im Raume nur verschieden bekundenden Kraft der letzte Grund der ja übrigens durch die Erfahrung verbürgten fundamentalen Thatsache. Die Zwischenglieder, die sich in der Nachweisung der innern Nothwendigkeit des allgemeinen Wirkungsgesetzes bei weiterer Untersuchung unseres Schema noch ergeben, sind derartig mit andern Problemen und deren Folgen verknüpft, dass in dieser Schrift noch auf die einschlagende Erörterung zu verzichten ist. Schon im nächsten Capitel wird sich zeigen, wie das allgemeine Grundgesetz der Verschiedenheit der räumlichen Bethätigungsform von übrigens einheitlichen Kräften mehr als eine Anwendung zulasse und wie sich daraus das wissenschaftliche Recht ergebe, die vollständigen und letzten Elemente der Gesammtsystematik erst im Zusammenhang mit allen zugänglichen Verzweigungen und mit allen Anwendungen auf die verschiedenen Erfahrungsgebiete vorzulegen. An der grossen Tragweite und mannichfaltigen Verwendbarkeit jener letzten Elemente wird man nicht zweifeln, wenn man erwägt, dass schliesslich alle Grundverhältnisse der Physik und Chemie auf die letzten Principien der Mechanik zurückzuführen sind. Wie aber unsere Vorstellung von dem Grundgesetz nicht etwa blos den Gedanken der Unzerstörlichkeit der Kraft für sich habe, sondern, was mehr bedeutet, die nächste Verwandtschaft unter den einfachsten Principien der gewöhnlichen Mechanik aufweise, — wie also gleichsam in dem Stammbaum der mechanischen Wahrheiten die bisher einfachsten Principien unmittelbar an das unsrige sich anreihen, dafür können auch ohne unzweckmässige Vorwegnahme noch ein paar kurze Andeutungen platzfinden.

12. Ueberall, wo man eine Kraft anbringt, deren Wirkung sich über ihren unmittelbaren Angriffspunkt auf andere, mit demselben in irgend einem materiellen Zusammenhang befindliche Punkte erstreckt, liegt der Fall einer Ueberleitung oder Fortpflanzung des Kraftantriebs vor. Der Hebel ist sicherlich das einfachste und zugleich am meisten principielle Beispiel für jenes Grundverhältniss. Die Kraft wirkt hier nicht blos unmittelbar und in ihrer unveränderten Bethätigungsart am An-

griffspunkt, sondern pflanzt ihre Wirkung durch die Hebellinie fort, so dass jedem Punkte dieser Linie ein bestimmter abgeänderter Werth der Kraft und eine zu diesem Werth gehörige Aeusserungsform entspricht. In der doppelten Entfernung vom Unterstützungspunkt ist die Kraftwirkung anscheinend auf die Hälfte reducirt, und nur wenn man die besondere Aeusserungsform und so zu sagen Wirkungsart in Anschlag bringt, wird die Ausgleichung dieser Reduction ersichtlich. Der bei einer kleinen Verschiebung möglicherweise oder wie man es technisch nennt virtuell zu durchlaufende Bogen ist alsdann der doppelte; der virtuelle Weg oder die virtuelle Geschwindigkeit, als Factor der Intensität der ganzen Kraftwirkung gedacht, ersetzt alsdann, was dem andern reducirten Factor, also etwa dem Gewicht oder der angebrachten Spannkraft noch fehlt. Kehrt man das Verhältniss um und nimmt eine geringere, also etwa die halbe Entfernung an, so entsteht sogar der Anschein, dass die Kraft mehr als ihren eignen ursprünglichen Werth bethätige; aber die wirkliche Ausgleichung durch Rücksicht auf den halben Bogen oder die halbe virtuelle Geschwindigkeit ist ebenso erklärbar wie vorher. Zwischen dem unmittelbaren Dasein der ganzen Kraft und ihrer für eine andere Stellenwirkung abgeleiteten Wirksamkeit ist im letzten Grunde und der gesammten Wirkungsgrösse nach kein Unterschied; ein solcher Unterschied besteht vielmehr nur in der Wirkungsform und speciell für unser Beispiel nur in der verschiedenartigen Gestaltung der Factoren, aus denen die Kraftwirkung zusammengesetzt zu denken ist. Die räumlichen Verhältnisse sind es, die vermöge der Anordnung des mechanischen Systems, also hier des Hebels, die isolirte Kraft nöthigen, sich in der einen Lage so, in Beziehung auf einen andern Punkt aber anders zu bethätigen. Die Kraft selbst bleibt aber nichtsdestoweniger sich überall gleich. Sie geht nur Verbindungen mit räumlichen Anordnungen ein und wirkt je nach der geometrischen Natur des Zusammenhangs der materiell verbundenen Raumtheile und je nach den hiemit zugleich vorgeschriebenen zeitlichen Entwicklungsmöglichkeiten. Die gewöhnlich auf die statischen Momente gerichtete Aufmerksamkeit verdeckt leicht das wahre Grundverhältniss, indem sie die blosse Scheinvorstellung begünstigt, eine Kraft wirke direct nach Maassgabe der Länge des Hebelarms, an welchem sie angebracht ist. In Wahrheit kommt es aber darauf an, sich vorzustellen, was eine Kraft

in einer andern Entfernung, als in derjenigen ihres unmittelbaren Angriffs- und Ausgangspunktes leiste. Aus diesem Gesichtspunkte sind nun auch bei dem Hebel die umgekehrten Werthe der Entfernung maassgebend. Diese umgekehrten Werthe sind die Reductionsfactoren, während der Hinblick auf die virtuellen Geschwindigkeiten oder vielmehr auf die ihnen auch ohne Verschiebung entsprechende statische Lage die Gleichwerthigkeit aller Kraftbethätigungen wieder sichtbar macht. Der Gedanke der Gleichwerthigkeit solcher verschiedener Aeusserungsformen der Kraft ist also noch principieller als das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten, auf welches Lagrange die ganze Mechanik zurückzuführen versucht hat.

Das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten steht unserem, in diesem Capitel behandelten Grundgesetz allerdings am nächsten; denn es ist bisher der einzige allgemeine Ausdruck für die Einwirkung der räumlichen Anordnungen auf die gegenseitigen Kräftebethätigungen gewesen. Grade aber dieses Umstandes wegen dürfte die Formulirung des neuen Grundgesetzes schon äusserlich und sogar bei blos oberflächlicher Betrachtung etwas für sich haben. Abgesehen von einem solchen allgemeinen Gesetz möchte wohl Niemand erwarten, dass die Gravitation und die uralte Archimedische Wahrheit von der Schwerewirkung am Hebel als Verzweigungen einer einzigen Fundamentalnothwendigkeit darzustellen sind. Der Hebel ist der einfachste Fall, in welchem durch Vermittlung einer starren Linie die Kraft ausserhalb ihrer eignen Richtung und ausserhalb ihres unmittelbaren Angriffspunktes eine so zu sagen fortgepflanzte und der Form nach abgeänderte Wirkung von übrigens gleichwerthiger Art hervorbringt. Das zwischen den beiden Aeusserungen der Kraft eingeschobene Verbindungssystem ist in seiner Art das denkbar einfachste, und von specifischer Natur ist hier nur der einzige Umstand, dass die Verbindung eine starre ist, und dass demgemäss die möglichen gleichzeitigen Wege, an welche die Kraft gebunden sein würde, fest vorgeschrieben sind. Die starren Systeme sind aber in der Natur nie diejenigen, welche den Schlüssel zu der Wirkungsart der in allen Theilen frei beweglichen und demgemäss einfachsten Verbindungsarten liefern. Die Vermittlung durch Flüssigkeiten, in erster Linie aber durch gasförmige Materien, leistet hier mehr. Auch hat ja in dieser Richtung das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten seine

leichte und vielgestaltige Anwendbarkeit bereits gezeigt. Ueberdies ist die Kräftewirkung an den Gasen und so zu sagen die Mechanik der Gase auch das Gebiet gewesen, auf welchem die Gleichwerthigkeit von Wärme uud mechanischer Kraft zuerst erkannt und zugleich zahlenmässig nachgewiesen wurde. Wir werden daher nicht fehlgreifen, wenn wir den Hebel, weil er ein starres System ist, trotz seiner sonstigen Einfachheit doch schon als einen besondern Fall der materiell vermittelten Fernwirkung einer Kraft ansehen und demgemäss die fundamentalste Form der gleichwerthigen Kraftfortpflanzung da voraussetzen, wo ein allerseits bewegliches Medium oder überhaupt eine vollkommen freie Beziehungsart in Frage ist.

13. Wie die gesammte Naturmechanik ein grosses einheitliches System ist, so kann auch ihr letzter Schematismus nur durch ein einziges Grundgesetz gedacht werden. Wenn in der unmittelbarsten Erfahrung, ausser den kosmischen Beziehungen der Weltkörper, die Molecülsysteme, welche wir Gase nennen, die freisten Anordnungen der Materie und der von ihr ausgehenden Kräfte darstellen, so kann man in der rationellen Vertiefung des Gegenstandes noch einen Schritt weitergehen und die feinen, nicht unter die gewöhnlichen Stoffe gerechneten Medien, also namentlich den Aether oder sonst einen materiellen Träger der Kräfte auch als die Verbindungsform ansehen, von der die räumliche Wirkungsform bestimmt wird. Das Aeusserste wird aber in dieser Vorstellungsart erst erreicht, wenn nicht blos irgend ein besonderes Medium als Ursache der Kräftevertheilung und gleichsam als eine eingeschobene Maschine gilt, sondern schliesslich der Raum selbst als eine in dieser Weise wirkende Vermittlungs- und Bestimmungsart erkannt wird. Wo Flüssigkeiten die Kräfte fortpflanzen, sind sie längst mit Maschinen verglichen und in dieser Rolle gradezu Maschinen genannt worden. In der That sind die verschiedenen, den Druck und die Bewegung fortpflanzenden Mittel in ihrer naturmechanischen Anordnung und Verfassung als maschinenartige Vorkehrungen der Natur oder kurzweg als Naturmaschinen zur Bewerkstelligung der geregelten Kraftbethätigung aufzufassen. Nun ist aber der Raum selbst die letzte mechanische Einrichtung der Natur, vorausgesetzt, dass man nicht an den blossen Phantasieraum, sondern an jene sehr reale Wirkungsform denkt, in welcher sich die Distanzen zugleich mit den Kräften von der Materie aus

bestimmen. In diesem Sinne ist der hienach völlig wirkliche oder sachliche Raum, mag man ihn sich nun mit einem besondern Medium oder ohne dies denken wollen, selbst die in letzter Instanz in Frage kommende Maschine. Man erinnere sich, wie in den ersten Erörterungen dieses Capitels der Gedanke hervorgehoben wurde, dass die Distanzen der gegeneinander thätigen Materien gradezu als Kräfte anzusehen wären. Es ist nur ein einziger Schritt weiter, wenn das ganze räumliche Verhältniss zwischen zwei oder mehreren Massen oder, mit andern Worten, die Beziehung der Materie im Raum oder vielmehr durch den Raum als maschinenartige Vermittlung erkannt wird. Der Raum eine Maschine, — dies klingt allerdings paradox; aber dennoch kann grade nur diese äusserste Wendung des Gedankens dazu dienen, das von uns aufgestellte Grundgesetz in seiner Eigenart zu kennzeichnen und von andern gemeineren und näherliegenden Vorstellungen zu unterscheiden.

In der That ist es nicht jene gewöhnliche Kraftmittheilung, auf welche sich thatsächlich die früheren Erhaltungsvorstellungen zurückführen liessen, — ja es ist auch nicht der neuere Gedanke der Verwandlung einer Kraftgattung in die andere oder des gegenseitigen rein mechanischen Ueberganges der Kraftphasen, was in unserm Grundgesetz etwa erläutert werden sollte. Im Gegentheil richtet sich der Inhalt dieses Grundgesetzes auf jene räumliche Fundamentalnothwendigkeit, vermöge deren das System der Materie mit seinen räumlichen Kraftwirkungen nur eine einzige allgemeinste Wirkungsform haben kann. Hier muss also der Raum, wie er auch sachlich und gleichsam selbst materiell vorgestellt werden möge, die eine allwirkende Maschine sein, mit welcher die Natur in jeglicher Gegenseitigkeit der Stoffe so zu sagen arbeitet. Mag man nun nach der Gravitation der Weltkörper oder nach der in und zwischen den Molecülen der Gase wirksamen Wärme fragen, so bleibt immer die Beziehung von Kraft und Raum das Grundverhältniss. Dieses Grundverhältniss, vermöge dessen die Kraft als eine Function des Raumes und zwar als eine Function nicht blos im mathematischen sondern auch im sachlichen Sinne des Worts existirt, — dieses Grundverhältniss ist in den bisherigen Unzerstörlichkeitsvorstellungen noch nie in Betracht gezogen, geschweige auf ein Gesetz der Kraftidentität zurückgeführt worden.

14. Man könnte zur Ergänzung unserer Andeutungen noch

eine Rechenschaft darüber erwarten, wie etwa Zeitverlauf und Geschwindigkeit bereits bei dem allgemeinen Schema der räumlich verschiedenen Bethätigung einer einheitlichen Kraft in Betracht kommen. Es kann indessen mit Rücksicht darauf, dass unsere letzten Ueberlegungen nur augenblickliche Vorwegnahmen aus einem vollständigeren Zusammenhang sein sollten, auch jenes weitere Zubehör eben nur mit ein paar Worten signalisirt werden. Es versteht sich, dass eine Forterstreckung der Kraft im Raume, gleich jeder eigentlichen Uebertragung, nicht ohne irgend einen, wenn auch noch so kurzen Zeitverlauf denkbar ist, und dass der gleichsam stationäre Zustand, vermöge dessen die Gleichwerthigkeiten der Kraftäusserung an den verschiedenen Raumstellen als fertig vorgefunden werden, ein Schein ist, der durch die vorgängig bereits vollzogenen Erstreckungen entsteht. Wichtiger als das, was wir eben als Erstreckungsgeschwindigkeit vorstellten, wird für die fundamentale Kraftgestaltung der Einfluss derjenigen Geschwindigkeit, die das Bewegliche, welches der Wirkung einer Naturkraft ausgesetzt ist, schon anderweitig haben mag. Es ist hier nämlich zu berücksichtigen, dass jede Kraftentwicklung Zeit gebraucht, und dass, wenn die Stellen des Raumes mit einer sehr grossen, ein gewisses Maass überschreitenden Geschwindigkeit durchlaufen werden, die summirte Stellenwirkung der einheitlichen Kraft erheblich abgeändert wird. Was wir früher als Gesammtkraft der Schwere für eine bestimmte kosmische Strecke feststellten, hatte zur stillschweigenden Voraussetzung, dass die Schwere stets so wirken konnte, wie wenn der Körper ohne Anfangsgeschwindigkeit aus unbeschränkter Ferne gefallen wäre. Fingiren wir aber beispielsweise, dass die Entfernung zwischen Mond und Erde vermöge einer Beharrungsgeschwindigkeit in einer Secunde durchmessen werde, so kann auf dem ganzen Wege von der gesammten veränderlichen Schwerkraft in allen Raumtheilen noch nicht soviel Beschleunigung erzeugt werden, als durch die gewöhnliche constante Schwerewirkung an der Oberfläche der Erde bei dem natürlichen Fall eines Körpers in einer Secunde entsteht. Die Gesammtwirkungen sind also von den eignen, allerdings nur willkürlich und von Aussen eingemischten Geschwindigkeiten der Körper abhängig. Diese Gesammtwirkungen sind es aber grade, mit denen man zu rechnen hat, und es kann Fälle von Naturkräften geben, in denen die Einmischung von solchen Geschwin-

digkeiten, durch welche die Wirkung abgeändert wird, nicht mehr etwas willkürlich Angenommenes, sondern die in der Sache selbst liegende Regel ist. Weitere Ausführungen dieser besondern Umstände, unter denen sich nicht etwa das Grundgesetz selbst, sondern nur die zusammengesetzten Ergebnisse seiner Anwendung näher bestimmt finden, würden aber schon die Grenzen überschreiten, die wir uns aus den angegebenen Gründen hier ziehen mussten. Augenblicklich weit entscheidender, als derartige Ausführungen, sind die besondern Anwendungen des Grundgesetzes, denen wir uns mit der Feststellung des wahren Zusammendrückungsgesetzes der Gase in dem nächsten Capitel zuzuwenden haben. Grade auf diesem neuen Gebiet zeigt sich, man könnte sagen in handgreiflicher Weise, auch jetzt schon die völlig specialistische Fruchtbarkeit unserer Grundwahrheit.

Zweites Capitel.

Wahres Gesetz der Zusammendrückung der Gase.

1. Wenn irgendwo ausser den Feststellungen über die Gravitation, ja eigentlich noch vor denselben, ein weitreichendes Naturgesetz zu suchen ist, so muss das Verhalten der Gase und Dämpfe unter verschiedenem Druck der nächste und wichtigste Gegenstand sein. Hier begegnen sich Physik und Chemie mit einem gemeinsamen Interesse gleichsam in derselben Wurzel. Das mechanische Grundgesetz, welchem die Molecüle im gasförmigen Zustand der Materie unterworfen sind, muss nicht blos eine fundamentale Wahrheit der Physik liefern, sondern auch an die Spitze der Chemie treten. Bezüglich der chemischen Verbindungen der Gase sind von vornherein nicht blos die Gewichts- sondern auch die Raumverhältnisse einigermaassen erkannt worden; ja man könnte sagen, dass gegenwärtig eine Chemie des Volumens für die tiefere Begründung der Einsichten schon mehr zu bedeuten hat, als gleichsam eine blosse Gewichtschemie. Freilich hat es fast ein halbes Jahrhundert gedauert, dass die Rationalisirung, welche Avogadro 1811 mit den Gay-Lussacschen Thatsachen durch die Aufstellung seines Gesetzes vornahm, zu einiger Anerkennung gelangen konnte. Indessen zeigt sich dafür jetzt auch um so deutlicher, dass derartige Grundlagen für die Vertiefung des chemischen Wissens nicht mehr zu entbehren sind und dass ohne sie überhaupt auch die ganze Physik grade nach derjenigen Seite hin unabgeschlossen bleiben muss, wo in dem molecularen Verhalten die letztinstanzliche Rechenschaft über die Massenvorgänge zu suchen ist. Seit die organische Chemie mit den Anschauungen und Gesichtspunkten, die hauptsächlich den Bestrebungen von Laurent und Gerhardt zu verdanken sind,

schliesslich eine solche Rückwirkung auf die ganze Chemie geübt hat, dass man die in dieser Richtung abgeänderte Wissenschaft jetzt kurzweg als moderne Chemie bezeichnet, — seit diesem, freilich sehr verlangsamten Eindringen der Vorstellungsarten und Thatsachen der genannten Forscher wird es auch immer klarer, dass die Gruppirungsarten der materiellen Theile in der Gas- oder Dampfform den Ausgangspunkt für jede gründlichere Erkenntniss bilden müssen. Grade auch die am meisten zusammengesetzten, sogenannten organischen Verbindungen haben für diese Wahrheit die entschiedensten Fingerzeige geliefert.

Von einer andern, aber freilich nicht fruchtbaren Seite her hat ein paar Jahrzehnte hindurch das Operiren mit Vorstellungen über das moleculare Verhalten der Gase wenigstens dazu gedient, die anderweitig, namentlich durch die erste Berechnung des Wärmeäquivalents, schon wieder in die Richtung der Gastheorie gelenkte Aufmerksamkeit des Publicums in breitester Auslegung zu beschäftigen. Wie es scheint, hat sich in diesem secundären Genre zuerst Herr Joule versucht und mit einem aufgefrischten Gedanken Daniel Bernoullis über die Bewegung der Gasmolecüle eine seit 1738 vergessene Vorstellungsart wieder ein wenig cultivirt. Bezeichnenderweise ist jedoch bei dieser ganzen Auffrischung grade das übersehen worden, was für die Erklärung der Zusammendrückung der Gase in Daniel Bernoullis Annahmen den meisten Werth hatte und was übrigens auch mir erst bekannt geworden und als erheblich aufgefallen ist, nachdem ich durch einen selbständigen Gedankengang, der dem Bernoullischen sogar entgegengesetzt war, denselben Kernpunkt, den Bernoulli theilweise streifte, um ihn dann gänzlich aufzugeben, vollständig und als eine grundgesetzliche Nothwendigkeit aufgefunden hatte. In den heute gangbaren Lehren, die auf jener Auffrischung beruhen, treibt die Beharrungsgeschwindigkeit der Gasmolecüle, die von Daniel Bernoulli zur Erklärung des Mariotteschen Gesetzes benutzt wurde, ihr Wesen und vielfach auch ihr Unwesen; dagegen bleibt die bessere Bernoullische Vorstellungsart, derzufolge das Volumen der Molecüle bei dem Entwurf eines Gesetzes der Zusammendrückung von vornherein berücksichtigt werden muss, unerwähnt — und doch ist dieser letztere Ausgangspunkt, den jener Denker selbst wieder zur Seite schob, in einer vollkommneren Gestalt das nunmehr nachweisbar völlig Sichere. Ehe ich jedoch auf diese geschichtlichen Verhältnisse näher eingehe,

muss ich die neue Grundlage kennzeichnen, von der aus auch die weiteren neuen Folgesätze über die besondern Fälle der Gaszusammendrückung verständlich werden.

2. Ein wirklich allgemeines und demgemäss auch einfaches Grundgesetz kann auch nur eine einzige Ursache der Spannung der Gase betreffen. Nur insofern diese einzige Ursache in verschiedener räumlicher Wirkungsart einen verschiedenen Druck liefert und sich überall ohne Schranke und ohne Ausnehmung des Falles der äussersten Verdichtung feststellen lässt, kann von einem einfachen und zu Ableitungen brauchbaren Grundgesetz die Rede sein. Da seit den verschiedenen Versuchen am Schlusse des Jahres 1877 auch der experimentelle Beweis geliefert ist, dass die sogenannten permanenten Gase durch hinreichende Wärmeentziehung in Verbindung mit hinreichendem Druck flüssig und sogar starr gemacht werden können, so giebt es nunmehr keinen Körper, bei dem sich unter wachsendem Druck die Gasform anders als vielleicht oberhalb einer gewissen Temperatur unbegrenzt erhalten könnte. Den Druck von ein paar Tausend Atmosphären kann man also nur anwenden, wenn hinreichende Wärme vorhanden ist, ihm zu widerstehen. Bei zu geringen Wärmegraden wirkt der Druck auf eine andere Weise. Er versetzt nämlich die Molecüle in eine Lage, in welcher sie sich miteinander zuerst theilweise und dann vollständig verbinden, dergestalt dass durch eine Einschiebung von Mittelzuständen schliesslich der flüssige Zustand der ganzen Dampfmasse hergestellt wird. Diese Paarungs-, Gruppirungs- und überhaupt Verbindungsvorgänge sind nun aber offenbar Wirkungen derjenigen besondern Kräfte, die von den Molecülen ausgehen. Der Wegfall von Wärme und die Anwesenheit eines gewissen Druckes bilden zusammen die Veranlassung jener Ueberführung in den flüssigen Zustand; aber es ist nicht mehr die zwischen den Molecülen wirksame Spannkraft der Wärme selbst, wofür wir in diesem Falle noch ein eignes und selbständiges Gesetz unvermischt beobachten könnten. Wo der Druck die Veranlassung giebt, dass die von der Wärme herrührende Spannung, anstatt blos aufgewogen, bereits aufgehoben wird, da ist schon an Kräften etwas Anderes im Spiele, als der blosse Antagonismus zwischen einer Wärmekraft und der Zusammendrückung. Nur wo dieser Antagonismus ungemischt oder doch wenigstens vorzugsweise die räumliche Ausdehnung bestimmt, lässt sich ein durch-

gängiges Grundgesetz annehmen. Unerhebliche Nebenwirkungen, die der Grösse nach das Hauptergebniss nicht ändern, hindern die erfahrungsmässige Feststellung eines solchen Gesetzes nicht. Thorheit aber wäre es, eine gleichförmige Regel von der Natur auch da zu erwarten, wo die Bedingungen andere geworden, also beispielsweise nicht mehr Wärmespannung und Druck allein, sondern auch schon die Verbindungsneigungen der Molecüle mit stark eingreifenden Wirkungen in Frage sind.

Man hat sich auf Grund einiger Beobachtungen, namentlich solcher an der Kohlensäure, die Vorstellung gemacht, dass es für jedes Gas eine Temperatur gebe, bei welcher es anfange, eigentliches Gas zu sein, und unterhalb deren es ein durch Druck in andere Aggregatzustände überführbarer Dampf werde. Wenn dieser sogenannte kritische Punkt wirklich existiren und einen unzweideutigen Sinn haben soll, so muss er bedeuten, dass es stets ein Maass der Temperatur giebt, welches genügt, jeglicher Zusammendrückung die Waage zu halten, und welches durch die eignen Verbindungskräfte der Molecüle auch im Verein mit dem stärksten Druck nicht überwunden wird. Wenn nämlich durch die Verkleinerung des Raumes, in welchem die Spannkraft der bei einer gewissen Temperatur vorhandenen Wärme wirksam ist, diese Wärmekraft sehr bedeutend steigt, ehe die entgegengesetzten Molecülwirkungen zur Bethätigung gelangen, so kann jene Vermehrung nach absoluter Grösse und weiterem Fortschritt so gewaltig sein, dass im Verhältniss zu ihr die Einmischung der sonstigen Molecularkräfte auch in grösster Nähe der Theilchen keine sonderlich merkliche Abänderung hervorbringt. Alsdann wird die ganze Gestalt des Vorgangs wesentlich dadurch bestimmt, dass sich Wärmespannung und Druck je nach der räumlichen Anordnung aneinander messen. Dies wird nun offenbar da der Fall sein, wo man bis zu ein paar Tausend Atmosphären gelangt und sich dennoch ein gleiches Gesetz der Zusammendrückung auffinden lässt, wie es, bei genauer Feststellung, auch für wenige Atmosphären oder für Bruchtheile derselben gilt. Eine solche Zusammenfassung der äussersten Enden ist aber nur ausführbar, wenn man von vornherein eine Temperatur voraussetzt, durch welche die Permanenz des gasförmigen Zustandes jeglichem, überhaupt praktisch noch anwendbaren Druck gegenüber gesichert bleibt. Eine solche Permanenztemperatur braucht zunächst gar keinen absoluten, sondern nur den prak-

tischen Sinn zu haben, dass bei ihrem Vorhandensein die Gase bis in die höchsten Drucke hinauf, deren Wirkung man zur Feststellung des Gesetzes beobachtet, stets Gase bleiben und daher keine Spuren einer Wendung zum Nachgeben der Spannkraft und zur Verdichtung zeigen. Die Permanenztemperatur wird bei den einfachen oder für einfach gehaltenen Gasen und bei der Luft noch stets mehr als genügend vorhanden sein, solange man bei gewöhnlicher Wärme, also äusserstenfalls einige Grade unter dem Nullpunkt experimentirt. Hier ist also dann die Voraussetzung erfüllt, welche zur Feststellung eines ungemischt hervortretenden Grundgesetzes unumgänglich bleibt. Was aber die Dämpfe anbetrifft, in denen chemisch verbundene Elemente bei hinreichendem Druck zur Verdichtung gelangen, so muss hier für die neue Ursache auch ein neuer Gesichtspunkt geltend gemacht werden, und es kann daher das allgemeine Zusammendrückungsgesetz auf diesen Fall keine unmittelbare und ungemischte Anwendung finden. Wäre dem anders, so würde dies nur ein Zeichen sein, dass in dem vermeintlichen Grundgesetz ein Fehler sein müsste; denn ein Gesetz kann sich nur da bewähren, wo die Bedingungen seiner Anwendung gegeben sind, und nicht etwa auch da, wo sie offenbar fehlen und andere Umstände entscheidend eingreifen.

Ist die Permanenztemperatur die erste Vorbedingung für ein an beiden äussersten Enden der Stufenleiter der Drucke festzustellendes Gesetz, so kann man als zweiten Umstand, der die reine Bethätigung des Gesetzes am meisten sichern muss, von vornherein die möglichste Einfachheit des Gases in Anschlag bringen. Nun giebt es kein Gas, bei welchem man der Einfachheit so sicher wäre, als bei dem Wasserstoff. Dieser ist unter übrigens gleichen Umständen der leichteste und daher am feinsten zertheilte aller Körper. Schon der Sauerstoff ist mehr als blos verdächtig, wenn nicht qualitativ zusammengesetzt zu sein, so doch mindestens, wie das Ozon beweist, auf eigenartigen Gruppirungen der Elementartheilchen zu beruhen. Wo aber, wie thatsächlich bei der Luft, eine Mischung chemisch verschiedenartiger Bestandtheile statthat, darf man nicht erwarten, ein Grundgesetz in so voller Reinheit hervortreten zu sehen, wie bei einem einfachen Arrangement, wie es der Wasserstoff darbietet. Ueberdies ist es von grosser Bedeutung, wenn sich ein Grundgesetz grade bei dem Wasserstoff in der reinsten Gestalt

vorfindet. Mit Recht figurirt dieser Stoff an der Spitze der Chemie; er liefert die natürliche Einheit für die Atomgewichte und hat die grösste specifische Wärme. Er ist nicht nur einfach *par excellence*, sondern auch die Maasseinheit für die chemische Bindekraft aller andern Stoffe. Auf ihn werden nicht nur die Atomgewichte, sondern auch die sogenannten Werthigkeiten bezogen, und diese einzig ausgezeichnete Stellung, die durchaus nicht künstlich oder willkürlich ist, sondern auf seinem natürlichen Verhalten physikalischer und chemischer Art beruht, verschafft jedem Gesetz, welches in erster Linie und in sichtbarster Gestalt bei dem Wasserstoff nachweisbar ist, eine um so mehr grundlegende Bedeutung.

3. Nach der Hinweisung auf die Punkte, in denen sich ein allgemeines Gesetz zunächst zu bewähren hat, nehmen wir unsere allgemeinen Ueberlegungen über das Verhältniss von Raum und Kraft wieder auf. Nach der Grundvorstellung, die wir im vorigen Capitel gewonnen haben, muss die verschiedenartige Aeusserung einer Kraftmenge in erster Linie auf ihre räumliche Wirkungsform oder Wirkungsgelegenheit zurückgeführt werden. Bei der Zusammendrückung eines Gases wird nur der Raum, den es einnimmt, verändert, und es bleibt demgemäss das Einerlei an Spannkraft, welches in dem Gase enthalten war, in dem kleineren Raume fortbestehen. Diese Voraussetzung trifft wesentlich zu, und man kann von nebensächlichen Abänderungen, als für die Hauptsache unerheblich, absehen. Hienach wäre nun die einzige zu beantwortende Frage die, in welcher Weise die Veränderung des Raumes auf die Bethätigung der Spannkraft einwirke. Hätten wir genauere Vorstellungen von zuverlässigem Charakter über die Art, wie durch die Wärme die Spannkraft der Gase hervorgebracht und unterhalten werde, so würde hiemit auch zugleich darüber entschieden sein, was eine Veränderung des Volumens für die Kraftäusserung zu bedeuten habe. Nun fehlte es aber an solchen zuverlässigen Vorstellungen bisher gänzlich; denn die Annahme Daniel Bernoullis, dass die Molecüle vermöge eines bestimmten Wärmegrades auch bestimmte Geschwindigkeiten haben und durch diese Geschwindigkeiten die Spannung erzeugen, kann, wie nachher gezeigt werden wird, nicht als eine zuverlässige Vorstellungsart gelten. Ueberhaupt ist die heute modische Meinung von der Wärme als von etwas, was sich ausschliesslich und wesentlich immer in Bewegung auflösen und

durch eine Summe von Molecülbewegungen decken lassen müsste, die einseitige Auffrischung von Ideen der früheren Jahrhunderte und nicht im Entferntesten mit der grossen Entdeckung zusammenzuwerfen, die den mechanischen Kraftwerth der Wärme zu Tage gefördert hat. Wir haben uns daher ganz besonders zu hüten, den von einem Gase ausgeübten Gegendruck, anstatt ihn in natürlicher Weise statisch aufzufassen, künstlich aus eignen Bewegungen der Molecüle und wiederholten Stössen derselben gegen die Wandung erklären zu wollen. Ja überhaupt werden wir die Spannkraft zwischen den Molecülen, nicht aber als von ihnen ausgehend vorauszusetzen haben.

Das Mariottesche, rein empirische Gesetz liess die Spannkraft sich im umgekehrten Verhältniss des Volumens ändern. Es stimmte nur oberflächlich mit den Beobachtungen, die man innerhalb einer geringen Anzahl von Atmosphären anstellte, und versagte ganz, wo es sich um hohe Drucke handelte. Indessen lehrte es im Groben wenigstens soviel, dass die Raumänderung bei der Bestimmung der Spannung entscheidend sein müsse. Sobald Jemand einmal dazu gelangt war, den Raum, wie wir es am Ende des vorigen Capitels gethan haben, gradezu als eine Maschine aufzufassen, vermittelst deren die Kräfte wirken, musste ihm auch der Gedanke nahetreten, dass im Falle der Gase diese vermittelnde Maschine nicht in dem von den Molecülen erfüllten, sondern in dem zwischen ihnen befindlichen Raume zu suchen wäre. Ohne sich darum zu bekümmern, wie etwa ein sehr feines materielles Medium der Träger der Spannkräfte sein möchte, konnte man unter allen Umständen den Zwischenraum, anstatt des ganzen Raumes, als die eigentliche Ursache der Spannungsabänderungen ansehen. Indem ich diese Vorstellung an die Stelle der Mariotteschen Regel setzte, ergab sich ein auch für die höchsten Drucke zutreffendes Gesetz. Dieses Gesetz erlaubte, die wichtigsten Abweichungen von der Mariotteschen Regel als nothwendige Ergebnisse eines richtigen Princips und mithin vom Standpunkt der wahren Vorstellungsart als vollkommen normal zu erkennen. Das zwischen den Molecülen befindliche, also von ihnen nicht erfüllte Volumen ist die eigentliche Wirkungssphäre der Spannkraft der Wärme. Wie es sie sei, kann unbestimmt bleiben, wenn nur die Folgerungen mit den Beobachtungen übereinstimmen. Wird der zwischen den Molecülen freie Raum durch Druck auf die Hälfte zurückgeführt, so ist die Spannkraft oder,

mit andern Worten, der Gegendruck auf die Flächeneinheit verdoppelt. Dieses Gesetz versagt nicht, sondern gilt wie bei ein paar, so auch bei ein paar Tausend Atmosphären. Grade bei diesen höchsten Drucken bewährt es sich am handgreiflichsten; denn dort weicht der Zwischenraum von dem ganzen Raum gewaltig ab. Der Raum, den die Molecüle einnehmen, und derjenige, der sich bei grosser Annäherung noch zwischen ihnen befindet, sind alsdann zwei einander nahekommende Grössen, und die Mariottesche Regel, welche die Summe dieser Grössen zu Grunde legt, anstatt sich, wie es sein muss, nur an die zweite Grösse zu halten, liefert die denkbar falschesten Ergebnisse. Sobald die Molecüle einander sehr naherücken, steigert sich die Spannkraft durch die steigende Beschränkung auf einen immer kleineren Zwischenraum, nimmt also im Verhältniss der Verkleinerung dieses Zwischenraumes zu, während der Gesammtraum, durch den sich die Molecüle vertheilt finden und den sie sammt ihren Abständen als Ganzes einnehmen, sich nur in einem geringen Verhältniss abändert. Schliesslich muss der Zwischenraum klein genug werden, damit die Verringerung desselben um einen Bruchtheil, der dem Zusatzdruck einer bedeutenden Atmosphärenanzahl entspricht, nicht mehr recht merklich bleibe, und dies ist auch thatsächlich da erfolgt, wo man zuletzt keine Veränderung des Volumens mehr erzielte. Der anscheinend unüberwindliche Widerstand der Spannkraft hatte hier nur eine solche Grösse, um der praktisch anwendbaren Druckhinzufügung gegenüber keine Veränderung zu ergeben, die in Vergleichung mit dem Gesammtvolumen etwas Constatirbares darstellte. Es ist also, dem wahren Zusammendrückungsgesetz zufolge, die schliessliche Unmöglichkeit einer merklichen Zusammenpressung ganz in der Ordnung.

Zeigt sich an dem eben in das Auge gefassten äussersten Ende das neue Gesetz in seinen handgreiflichen Folgen, so zeichnet es sich an dem entgegengesetzten Ende durch die Erklärung der feinsten und geringfügigsten Abweichungen aus. Bei einem Druck von wenigen Atmosphären, natürlich die Permanenztemperatur vorausgesetzt, ist der Zwischenraum fast der ganze Raum, und der Abzug der Volumina aller einzelnen Molecüle ergiebt nur verhältnissmässig kleine Abänderungen. Grade aber aus dem Umstande, dass eben dieser Abzug, also dieselbe Grösse, welche die handgreiflichen Erscheinungen bei dem höchsten Druck be-

rechnen lässt, auch dazu dient, die subtilen Verhältnisse bei geringem Druck exact zu bestimmen, ist die strenge Tragweite des Gesetzes ersichtlich. Verringert man den Druck unterhalb einer Atmosphäre immer mehr, so rücken die Molecüle schliesslich soweit auseinander, dass ihr eignes Volumen im Verhältniss zum Gesammtraum unerheblich klein wird und bei der Berechnung des Verhältnisses von Druck und Raum auch nach dem neuen Gesetz kaum mehr einen merklichen Unterschied liefert. Dies ist der einzige Fall, in welchem die Mariottesche Regel, trotz ihrer innern Unwahrheit, doch äusserlich nicht merklich von den Beobachtungen abzuweichen braucht. Uebrigens ist es aber auch hier für die feinern Ableitungen, namentlich aber behufs einer neuen Wendung zur Controle der Atomgewichte, von Bedeutung, streng an dem Gesetz auch da festzuhalten, wo die unmittelbare Beobachtung die geringfügigen Zahlenunterschiede als zunächst gleichgültig erscheinen lässt.

Das neue Gesetz bedarf des gesammten Rauminhalts aller Molecüle als einer entscheidenden Grösse, hat aber zugleich den Vortheil, die Auffindung dieser sonst unbekannten Grösse erst selbst möglich zu machen. Indem man den Bruchtheil, den die Molecüle vom ganzen Volumen bei Atmosphärendruck einnehmen, als eine unbekannte Zahl aus einer beliebigen zweiten Bestimmung eines zu einem andern Druck gehörigen Volumens ermittelt, gewinnt man auch für alle übrigen Fälle die erforderliche Abzugsgrösse. Das Gesetz wird hienach also zugleich der Weg, etwas völlig Sicheres, nämlich etwas durch die mannichfaltigste Erfahrung Bestätigtes, über das Verhältniss auszusagen, in welchem das Volumen eines Molecüls zu dem zugehörigen freien Raum oder annähernd auch sein Durchmesser zu der Entfernung seines Mittelpunkts von dem Mittelpunkt eines benachbarten Molecüls steht. Ja man könnte sagen, dass dieser zuverlässige Schluss auf das Verhältniss von Molecüldimension und Molecüldistanz die Thatsächlichkeit getrennter Körperchen strenger und bestimmter beweist, als es bisher je geschehen ist. Wer etwa noch, weniger bekannt mit der physikalischen und chemischen Denkweise über Atome und Molecüle, an dem Dasein selbständiger und getrennter Theilchen zweifeln sollte, kann sich aus den Bestätigungen des neuen Gesetzes volle Gewissheit verschaffen.

4. Vor einem Eingehen auf die Einzelheiten der mit den

Beobachtungen rechnenden Bestätigung des neuen Gesetzes empfiehlt es sich, noch bei der allgemeinen, wesentlich veränderten Vorstellungsart zu verweilen und namentlich die theils entgegenstehenden, theils halb entgegenkommenden Ansichten zu prüfen, die von Daniel Bernoulli her und zwar meist in verschlechterter und unvollständiger Gestalt entlehnt und seit ein paar Jahrzehnten als modernste Artikel der Gastheorie wieder auf den Markt gebracht worden sind. Die Denkweise des genannten Mathematikers stand unter dem Einfluss einer Ueberlieferung und eines Gedankens, der sich schon bei Johann Bernoulli, dem Vater der fraglichen Persönlichkeit, bekundet hatte. Dieser Gedanke war der, jedes Gleichgewicht als durch kleine Bewegungen bestehend zu denken, die sofort wieder aufgehoben würden oder, wie der metaphysisch verworrene Ausdruck lautete, im Entstehen vergehen und im Vergehen wiederentstehen sollten. Johann Bernoulli hatte sich zu sehr von Leibniz und dessen metaphysischen Unklarheiten einnehmen lassen, um solchen Vorstellungen, die alles Gleichgewicht in Bewegung aufgelöst wissen wollten, rationell widerstehen zu können. Sein Sohn Daniel war freilich nicht nur überhaupt ungleich begabter, sondern auch in jener metaphysischen Beziehung unbefangener. Trotzdem hat er aber etwas jenem Gedanken Aehnliches, wenn auch an sich Klareres zur Erklärung des Druckes geltend gemacht, den ein Gas auf die seine Ausdehnung hindernde Wandung ausübt. In seiner lateinisch geschriebenen Hydrodynamik (Strassburg 1738) hat er im zehnten Abschnitt und namentlich in den §§ 2, 4 und 6 die einschlagenden Vorstellungen dargelegt und aus ihnen das Mariottesche Gesetz abgeleitet. Er ging davon aus, dass die kleinen Körperchen eine bestimmte, der jedesmaligen Wärme entsprechende Geschwindigkeit hätten und demgemäss stets in gradliniger Bewegung begriffen wären. Mit dieser Geschwindigkeit sollten sie nun gegen die Wände stossen und zwar um so öfter, je kleiner ihr gegenseitiger Abstand wäre. Allem Anschein nach hat Daniel Bernoullis sonstige Beschäftigung mit den kleinen Schwingungen ihm auch hier die Vorstellung nahegelegt, dass die Amplituden in den vorausgesetzten Bewegungen der Gasmolecüle ihrem gegenseitigen Abstande entsprechen müssten. Wenigstens ist seine Vorstellungsart nicht so chaotisch, wie die der neueren Entlehner, welche die Molecüle beliebig nicht nur nach allen Richtungen, sondern auch so weit durcheinanderfahren

lassen, bis sie von einander oder von den Wandungen wieder zurückprallen. Hiebei muss dann eine Wahrscheinlichkeitsveranschlagung, zu der ein Daniel Bernoulli sich nicht im Entferntesten vergriff, eine mittlere Anzahl von solchen Stössen liefern, die innerhalb einer gewissen Zeit an einer bestimmten Stelle, also etwa an einem Flächentheil der Wandung, vor sich gehen sollen.

Der Hauptgedanke bei Daniel Bernoulli bleibt die Annahme, dass erstens fertige Geschwindigkeiten der Molecüle existiren, und dass zweitens diese Geschwindigkeiten die Ursache werden, warum bei grösserer Zusammendrückung die Stösse innerhalb derselben Zeiteinheit sich vervielfältigen. Diese Vervielfältigung soll nun nicht etwa einfach nach Maassgabe der dritten Wurzel aus dem Volumen erfolgen; denn diese würde den Abstand der Mittelpunkte der Molecüle ergeben. Es soll vielmehr der Zwischenabstand, also der Abstand ihrer Oberflächen, maassgebend sein, da er ja allein die freie, zur Bewegung verfügbare Entfernung darstellt. An sich ist diese Rücksicht auf den Zwischenabstand oder überhaupt die Erinnerung daran, dass man die Ausdehnung der Molecüle in Betracht zu ziehen habe, das Beste von Allem, was sich in Angelegenheit der Gastheorie bei Daniel Bernoulli vorfindet. Die besondere Art, in welcher dieser beste Gedanke verwerthet wird, ist jedoch schon irreleitend und eine falsche Consequenz aus der Bewegungshypothese. Ein halbrichtiger Ansatz und eine übrigens unhaltbare Verwendung stammen auf diese Weise aus derselben Quelle. Hätte der fragliche Mathematiker sich ein Gas nicht als einen Haufen gradlinig bewegter, selbständiger Molecüle und die Spannkraft nicht als eine Summe von Molecularstössen gedacht, so würde er auch nicht darauf gekommen sein, die Verringerung der freien, dem leeren Raum angehörigen Linien, in denen sich die Molecüle hin und her zu bewegen haben, als Grund einer schnellern Wiederholung des Treffens gegen die Fläche anzusehen. Der Umstand, dass er sich in dieser Beziehung auf eine einzige Dimension beschränkt hat, ist der sachliche, von der Wahrheit ablenkende, aber zugleich auch derjenige Fehler, der sich unter der fraglichen Voraussetzung unwillkürlich ergeben musste. Diese Voraussetzung selbst und mithin die ganze, neuerdings so gerühmte Hauptvorstellung kann sogar dadurch widerlegt werden, dass man die Beschränkung des abändernden Einflusses des Molecül-

umfangs auf eine einzige Dimension, — also Bernoullis Operiren mit einer blos linearen Grösse als unhaltbar und als mit den Beobachtungen unverträglich nachweist.

Nimmt man beispielsweise, um eine runde, übrigens aber den gewöhnlichsten und regelmässigsten Verhältnissend urchaus nicht fernliegende Zahl zu wählen, $\frac{1}{10}$ als den Verhältnisstheil an, den der Durchmesser eines Molecüls etwa von der bei einem bestimmten Druck bestehenden Entfernung bis zu einem benachbarten Molecül ausmacht, so wird die Verringerung des Volumens auf $\frac{1}{8}$ den Abstand der Molecülmittelpunkte auf die Hälfte, den Zwischenabstand aber von $\frac{9}{10}$ auf $\frac{4}{10}$ verkleinern. Letztere Verkleinerung, die in stärkerem Verhältniss als diejenige der Mittelpunktsabstände statthat, soll nun nach Daniel Bernoulli für die Häufung der Hin- und Hergänge maassgebend sein. Da der Zwischenabstand sich im Verhältniss von 9 : 4 geändert hat, so werden die verfügbaren linearen Ausdehnungen, die da, wo sie früher 1 waren, jetzt nur noch $\frac{4}{9}$ sind, vermöge derselben Geschwindigkeit $\frac{9}{4}$ mal so oft durchlaufen werden, als es früher geschah. Von dieser Ursache sollte demgemäss nicht eine doppelte, sondern eine zweieinviertelfache Vergrösserung des Druckes herrühren. Die übrige Druckvermehrung wird in der Bernoullischen Darlegung nach der rein geometrischen Anordnung bestimmt, indem die Verdichtung der in irgend einem Augenblick auf die Wandungsfläche zu rechnenden Molecüle einfach der Verkleinerung dieser Fläche proportional gesetzt wird. Wurde also das Gesammtvolumen $\frac{1}{8}$, so wird die gleiche Anzahl der Molecüle nur noch $\frac{1}{4}$ an Fläche bedecken oder, mit andern Worten, es wird auf die Flächeneinheit die vierfache Zahl von Molecülen kommen. So muss sich, bei Annahme des der Stosstheorie natürlichen Gedankens, dass die einzelnen Molecüle in der Fläche ihre Kräfte summiren, eine Vervierfachung des Druckes ergeben. Verbunden mit der andern Ursache, die eine $2\frac{1}{4}$ mal gesteigerte Wirkung für jeden Stoss lieferte, hätte man demgemäss $8\frac{1}{4}$ als Maass der Druckvermehrung, nachdem das Volumen auf $\frac{1}{8}$ verringert ist.

5. Schon eine ganz allgemeine Prüfung der beiden Bernoullischen Ursachen kann zeigen, dass ihre Annahme mit dem neuen Gesetz und dem wirklichen Sachverhalt unverträglich ist. Die weitere Frage bleibt, sobald diese Unverträglichkeit nachgewiesen ist, nur noch die, welche Vorstellungsart durch die Be-

obachtungen bestätigt werde. Sprechen die experimentellen Thatsachen für das neue Gesetz und gegen die Bernoullische Berechnung, so ist hiemit auch die ganze Bernoullische Theorie sammt ihren neusten Abkömmlingen beseitigt. Letzteres bedeutet aber nicht wenig, da das Unwesen einer sogenannten kinetischen oder, besser gesagt, einer chaotischen Gastheorie sich seit den fünfziger Jahren bis auf den gegenwärtigen Augenblick und zwar nicht blos in Rücksicht auf eine vermeintliche Erklärung des Mariotteschen Gesetzes, sondern auch in allen möglichen Richtungen, namentlich aber zur Verdunkelung der Wärmemechanik, allzu ungestört hat breitmachen können. Hätte hiebei nur ein Zug von jener Bestimmtheit und Klarheit der Gedankenfassung obgewaltet, die wir bei Daniel Bernoulli auch in den verfehlten Entwürfen antreffen, so würde die Sache längst entschieden sein. Es haben sich aber die neusten Entlehner der Bernoullischen Gedanken, anstatt ihren Gewährsmann auch nur richtig aufzufassen, lieber gleich hinter willkürliche Hypothesen, wie z. B. hinter die Annahme geflüchtet, dass sich nach jeder der drei Dimensionen des Raumes $\frac{1}{3}$ aller Molecüle bewege und die auf der Dimensionsrichtung senkrechte Fläche treffen werde. Mit derartigen wüsten Voraussetzungen kann man allerdings beweisen was man will; aber für jenen Mathematiker des 18. Jahrhunderts, der noch klar und streng zu denken gewohnt war, hätten solche Sprünge nur die Bedeutung von curiosen Ungeheuerlichkeiten haben können.

Die Unterscheidung von zwei Ursachen der Druckvermehrung ist in jener alten, so zu sagen classischen Darlegung des unrichtigen Entwurfs von grossem Werth für die Erleichterung der Kritik. Die eine Ursache ist rein geometrisch, indem sie die Verdichtung der Molecüle auf der Fläche betrifft. Sie hat das Gesammtvolumen zur Richtschnur und nichts mit dem Rauminhalt der Molecüle zu schaffen. Die andere Ursache bezieht sich auf die besondere Hypothese der gegebenen Geschwindigkeiten und kann nur von linearen Abständen d. h. von der Länge der Bahnen verändert werden, welche die Molecüle zwischen einander zu durchlaufen haben. Man beachte besonders, dass unter allen Umständen nur diese Bahnlänge mit ihrer einen Dimension, nicht aber etwa der Zwischenraum mit seinen drei Dimensionen in dieser Hypothese maassgebend sein kann. Gesetzt auch, ein Molecül bewegte sich, wie dies zwar nicht im Sinne des wohl

mehr an Schwingungen denkenden Bernoulli, aber wohl nach den neusten Chaosvorstellungen zu fingiren wäre, zuerst eine Strecke in der einen, dann senkrecht darauf in der zweiten und ebenso wiederum senkrecht ablenkend in der dritten Dimension, so würde die Gesammtlänge seiner Bahn sich immer nur linear, nicht aber nach Maassgabe des Zwischenvolumens verändert finden. Der Zwischenabstand, den die Bernoullische einfachere Voraussetzung als entscheidend ansieht, würde also, auch bei jeder noch so verwickelten Molecülbewegung, maassgebend bleiben und nicht mit dem Zwischenvolumen vertauscht werden dürfen. In dem am Ende der vorigen Nummer gegebenen Zahlenbeispiel ist der lineare Zwischenabstand bei achtfacher Verkleinerung des Gesammtvolumens $\frac{1}{2\frac{1}{4}}$ geworden, und der umgekehrte Werth hievon ergiebt den der Bernoullischen Hypothese entsprechenden Factor der Druckvermehrung. Nach unserm Gesetz würde dagegen das Verhältniss der Zwischenvolumina entscheiden. Dieses ist $\frac{1 - \frac{1}{1000}}{\frac{1}{8} - \frac{1}{1000}} = 8_{1}\frac{7}{24}$. Man hat ungefähr $8_{1}\frac{1}{5}$ anstatt der $8\frac{1}{4}$, die sich aus der Verbindung der beiden Bernoullischen Ursachen oder Factoren $2\frac{1}{4}$ und 4 ergeben. Die alte Hypothese wird also, indem sie nur die eine Dimension des Zwischenraums berücksichtigen darf, sehr erheblich grössere Zahlen liefern, als das neue Gesetz, und es ist unmöglich, dass so stark abweichende Ergebnisse von zwei Berechnungsarten zugleich mit den Beobachtungsthatsachen übereinstimmen. Nun giebt es aber kein Mittel, die Hypothese der fertigen Geschwindigkeiten und Stösse von der ausschliesslichen Rücksicht auf nur eine Zwischendimension loszumachen; denn die Bahnlänge in einem kleinern Zwischenvolumen wird, wie vorher schon angegeben, nicht im Verhältniss des Volumens, sondern linear verringert. Diese letztere Nothwendigkeit haftet der Stosshypothese unzertrennlich an, und es würde daher eine widerspruchsvolle Confusion ergeben, wenn etwa Jemand versuchen wollte, dem neuen Gesetz die Bernoullische Vorstellung von der Gasconstitution unterzuschieben.

Auf der andern Seite erweist sich aber auch die rein geometrische Häufung der Molecüle, die auf der Flächeneinheit nach Maassgabe der Veränderung des Gesammtvolumens zu berechnen ist, als eine Vorstellung, die sich nicht ohne Widerspruch mit den Thatsachen im Sinne einer proportionalen Drucksteigerung

verwerthen lässt. Bei sehr hohem Druck reicht augenscheinlich die Veränderung des Gesammtvolumens nicht im Entferntesten an die Proportionalität heran, und es würde demgemäss die wenig vermehrte Häufung der Molecüle in der Fläche auch nur sehr wenig von der Zunahme der Spannkraft erklären. Ist aber das neue Gesetz als richtig erwiesen, so ist es vollends unmöglich, noch daran zu denken, dass jene bei hohen Drucken ausserordentlich geringfügige Vermehrung der auf die Flächeneinheit wirkenden Molecülzahl einen wesentlichen Factor der Drucksteigerung bilden könne. Die Druckzunahme erfolgt alsdann nach Maassgabe der Veränderungen des Zwischenraums, und wollte man die Wirkung in der Fläche von derjenigen in der dritten Dimension absondern, so würde man zu ganz andern Unterscheidungen und Ueberlegungen, als die Bernoullischen waren, genöthigt werden. Man kann indessen zunächst mit der Thatsache des Gesetzes und mit der Erkenntniss zufrieden sein, dass selbst die anscheinend unverdächtige Vorstellung, als wenn sich auf die Anzahl der in der Fläche gehäuften Molecüle ein Stück Spannungsberechnung gründen liesse, unbrauchbar ist.

6. Das Gesetz, welches wir an den Beobachtungen zu prüfen haben, kann in Worten ganz einfach dahin lauten: Der Veränderung des auf ein Gas wirkenden Druckes entspricht eine umgekehrt proportionale Veränderung des zwischen den Molecülen befindlichen Raumes. Ebenso könnte man auch kurz sagen: Das Verhältniss der Zwischenräume liefert das umgekehrte Verhältniss der Spannkräfte. Die Hauptsache bleibt hiebei, dass die Mariottesche Regel das Volumen, unser Gesetz aber das Zwischenvolumen zur Norm hat. Anstatt in Worten drückt sich der Sachverhalt auch in Buchstaben sehr einfach aus, zumal wenn man etwa von der Atmosphäre als Einheit des Druckes und dem bei der vorausgesetzten Temperatur zugehörigen Volumen einer beliebigen Gasmenge als Einheit des Volumens ausgeht. Bezeichnet man alsdann irgend einen andern Druck mit p, das zugehörige Volumen mit v und den unbekannten Bruchtheil, den der Rauminhalt der Molecüle von jenem ersten als Einheit und Ausgangspunkt genommenen Volumen ausmacht, mit x, so hat man $p = \frac{1-x}{v-x}$ und hierin eine sehr bequeme Formulirung des Gesetzes. Die Mariottesche Regel drückt sich

unter denselben Voraussetzungen durch die Gleichung $p = \frac{1}{v}$ aus. Will man in der Formel des Gesetzes auch alle Einheiten deutlich sichtbar machen und einen symmetrischen, an keinen bestimmten Ausgangspunkt gebundenen Ausdruck haben, so kann man natürlich auch schreiben: $\frac{p}{p'} = \frac{v' - x}{v - x}$, worin p' und v' den in beliebigen Einheiten ausgedrückten Anfangsdruck und das Anfangsvolumen ebenso wie jeden andern Druck und jedes andere zugehörige Volumen vorstellen können, es sich aber von selbst versteht, dass alsdann auch p und v in denselben Einheiten auszudrücken sind. Wäre das Gesetz, mit dem wir es zu thun haben, nicht von elementarster Deutlichkeit und Tragweite, so dass es sogar dem populären Verständniss und dem gewöhnlichsten Unterricht nahezubringen ist, so würden wir auf jene Häufung der Umschreibungen und auf jene anscheinend überflüssigen Erläuterungen verzichtet haben. Unsere Darstellung will aber auch für diejenigen zureichen, die in mathematischen und naturwissenschaftlichen Gedankenwendungen nicht geübt sind. Es sei daher auch noch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Formel $p = \frac{1 - x}{v - x}$ in der praktischen Anwendung meistens auf $p = \frac{1}{v - x}$ abgekürzt werden kann, da die Verringerung der ursprünglichen Volumenseinheit um die verhältnissmässig kleine Grösse x den Werth des Bruches nicht erheblich ändert. Wir werden jedoch bei der Vergleichung der Beobachtungen stets die Rechnungen nach der unabgekürzten Formel ausführen. Der abgekürzte Ausdruck hat aber, auch ganz abgesehen von seiner praktischen Brauchbarkeit, noch überdies den Vortheil, zu zeigen, wie einfach die Veränderung ist, vermöge deren an die Stelle der Mariotteschen Regel eine rationelle Berechnung treten kann.

Die hohen Drucke sind am meisten geeignet, das Gesetz sichtbar zu machen; denn die hier obwaltende Grösse der Spannkraft macht den abändernden Einfluss anderer Kräfte, die von den Molecülen ausgehen und im entgegengesetzten Sinne wirken, bis zur Unmerklichkeit unerheblich. Es versteht sich, dass hiebei nicht diejenigen Kräfte und Vorgänge gemeint sein können, die vor dem Flüssigwerden eintreten; denn wir gehen ja von einer Temperatur aus, bei welcher die zu betrachtenden Hauptgase, nämlich Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Luft sich für

die höchsten bis jetzt erreichten Drucke thatsächlich als permanent erwiesen haben. Auch ist es gar nicht nöthig, bei irgend einer Temperatur eine absolute Permanenz, sondern nur einen Spielraum vorauszusetzen, innerhalb dessen der hohe Druck noch nicht die Vorerscheinungen des Flüssigwerdens, also namentlich keine Verringerung der Molecülzahl durch Molecülverbindungen mit sich bringt. Fälle wie die der Kohlensäure, bei denen die Vorerscheinungen der Condensation schon früh und bei nicht grossem Druck eintreten, werden wir durch einen diesen Zuständen entsprechenden Specialvorgang und ein zugehöriges mathematisches Specialgesetz erklären.

Da die hohen Drucke in erster Linie beweisend sind, so müssen auch die Nattererschen Feststellungen (Poggendorfs Annalen, Bd. 94, 1855, S. 436 fg.) an erster Stelle maassgebend sein, während Regnault mit den paar Dutzend Atmosphären, innerhalb deren er seine Untersuchungen gehalten hat, hauptsächlich nur für den Wasserstoff (Mémoires de l'académie, Bd. 21, 1847, S. 394 fg.) in Frage kommt. Ueberdies sei auch im Hinblick auf das sonstige massenhafte Material Regnaults für niedere Drucke, wie es sich (ausser in dem angeführten Bande auch in Bd. 26 von 1862) durch ganze Volumina hindurch aufgespeichert findet, ausdrücklich bemerkt, dass nur die unmittelbaren Beobachtungen, aber nicht die dazu construirten empirischen Formeln zu Grunde zu legen sind, sobald es sich um genaue Prüfungen handelt. Regnaults empirische Formeln sind beispielsweise in Rücksicht auf das Mariottesche Gesetz mit zweiten und dritten Potenzen beladen, um gleichzeitig Allem, was sich an Umständen und verschiedenartigen Gestaltungen für eine rationelle Auffassung gar nicht vereinigen lässt, Rechnung zu tragen. Die constitutive Uebereinstimmung mit solchen Formeln würde daher für eine vermeintlich rationelle Rechenschaft nur ein Beweis der Unhaltbarkeit sein. Trotz des Luxus in Constanten und Potenzen passen die Regnaultschen Formeln auch nicht annähernd für hohe Drucke, und auch bei dem rein empirischen Gebrauch sind sie ein schlechtes Surrogat der wirklichen Beobachtungen, die sich in ihnen verkörpert haben sollen, zumal wenn es, wie bei der Prüfung unseres Gesetzes an niedern Drucken, auf verhältnissmässig kleine Grössen ankommen kann.

Auch die Bewahrheitung unseres Gesetzes an hohen Drucken hat, was wohl zu beachten ist, den Sinn, dass dabei von einer

Atmosphäre und dem zugehörigen Volumen als Einheiten ausgegangen wird. Es finden sich also die Veränderungen in ihrer Häufung durch die ganze Stufenleiter constatirt. Es ist der Abstand zwischen einer und ein paar Tausend Atmosphären, um den die verglichenen Veränderungen auseinanderliegen. Es sind also nicht etwa blos für sich und isolirt die Zustände des höchsten Drucks, für welche das Gesetz als gültig erwiesen wird. Die Tragweite der Ableitung reicht vielmehr von einem äussersten Ende der Zustände bis zum andern, wenn auch die Zwischenzustände dabei als gleichgültig übersprungen werden. Grade eine directe Ableitung, durch welche die entlegensten Thatsachen unmittelbar miteinander verknüpft werden, liefert hier die entschiedenste Bewahrheitung.

7. Für den Wasserstoff greifen wir aus den Nattererschen Thatsachen die vier äussersten und in einigen Abständen mehrere vorangehende Beobachtungen heraus und bestimmen dazu nach der oben angegebenen Formel unsere Constante x, welche das Molecülvolumen als Bruchtheil des bei einer Atmosphäre vorhandenen Gesammtvolumens darstellt. Wir erhalten alsdann folgende Tabelle:

Wasserstoff.

Atmosphären	Volumen	Berechnetes Molecülvolumen (x)
2790	$\frac{1}{1008}$	$\frac{1}{1578}$
2689	$\frac{1}{998}$	$\frac{1}{1588}$
2594	$\frac{1}{988}$	$\frac{1}{1597}$
2505	$\frac{1}{978}$	$\frac{1}{1604}$
1995	$\frac{1}{898}$	$\frac{1}{1636}$
1508	$\frac{1}{778}$	$\frac{1}{1600}$
1015	$\frac{1}{628}$	$\frac{1}{1648}$
505	$\frac{1}{398}$	$\frac{1}{1870}$

Die Werthe, die sich für die Constante ergeben haben, sind so übereinstimmend, als man nur irgend verlangen kann; denn nicht etwa blos die Veranschlagung der Beobachtungsfehler rechtfertigt einige Abweichung, sondern es muss auch derjenige Theil der Abweichungen, der mit dem abnehmenden Drucke wächst, auf die merklich werdende Einwirkung anderer Ursachen bezogen

werden, die bei andern Gasen in niedern Drucken weit sichtbarer werden als bei dem Wasserstoff.

Für die niedern Drucke sind die an der oben angeführten Stelle niedergelegten Beobachtungen Regnaults zu Grunde zu legen. Es sind ungefähr ein halbes Dutzend Versuchsgruppen, die sich mehrfach im Atmosphärenspielraum decken und sich übrigens äusserst unbequem handhaben, da, ausser einigen Abweichungen der Temperatur, auch noch die Volumenseinheiten verschieden und unmittelbar nicht aufeinander zurückführbar sind. Die erste Beobachtungsreihe, bei einer Temperatur von ungefähr vier Grad, ist folgende:

Wasserstoff.

Nummer	Druck in Millimetern	Volumenseinheiten
1	4431,14	969,19
2	2211,18	1939,47
3	4428,19	969,78
4	10715,19	402,30
5	4432,90	968,37
6	2211,69	1939,69

Verbindet man die Nummern 1 und 2, 3 und 4, 5 und 6 und dann noch 2 und 4 miteinander, so erhält man für unsere Constante x die vier Werthe 2,74; 2,60; 2,65 und 2,95. Die Reduction dieser Zahlen auf den zu einer Atmosphäre gehörigen Raum wird von den Unterschieden der Mariotteschen Regel und unseres Gesetzes mit keiner erheblichen Grösse afficirt und liefert daher die mit den frühern Ergebnissen an hohen Drucken vergleichbaren Volumenquoten $\frac{1}{2065}$; $\frac{1}{2171}$; $\frac{1}{2102}$ und $\frac{1}{1913}$. Aeusserst geringe Beobachtungsfehler, z. B. in Bruchtheilen eines Millimeters Druck, müssen bei benachbarten oder voneinander nicht weit abstehenden, also überhaupt bei niedern Drucken die gesuchte Constante schon sehr erheblich verändern, und es spricht für die Genauigkeit der Feststellungen, dass sich durch die Berechnung nicht weit grössere Unterschiede ergeben haben. Aus jeder der übrigen Beobachtungsreihen Regnaults wollen wir nur immer die zwei einander am wenigsten benachbarten Thatsachen vergleichen. Wir haben alsdann:

3989,47 mm	1939,91 Vol.	}	$x =$	5,02, reducirt $\frac{1}{2041}$
20110,99 „	389,95 „			
5840,53 mm	1940,51 Vol.	}	$x =$	7,36, reducirt $\frac{1}{2036}$
20254,36 „	566,09 „			
9175,25 mm	1940,00 Vol.	}	$x =$	11,96, reducirt $\frac{1}{1960}$
20985,19 „	854,94 „			
5553,77 mm	1940,29 Vol.	}	$x =$	7,98, reducirt $\frac{1}{1723}$
19463,09 „	559,19 „			
9148,98 mm	1940,71 Vol.	}	$x =$	13,04, reducirt $\frac{1}{1770}$
18420,96 „	970,35 „			
11162,40 mm	1940,08 Vol.	}	$x =$	14,58, reducirt $\frac{1}{1915}$
21186,97 „	1029,06 „			

In den drei letzten Gruppen war die Temperatur ungefähr zehn Grad, während sie sonst circa vier Grad betrug. Es ist daher x, obwohl der Unterschied nicht erheblich ausfällt, auf das zu einer Atmosphäre bei vier Grad gehörige Volumen reducirt worden. Bei der Vergleichung mit den Nattererschen Ergebnissen hoher Drucke ist vollends genügend, dass überhaupt nicht bei aussergewöhnlichen Temperaturen beobachtet wurde. Eine runde Zahl ist für x die unter den obwaltenden Umständen allein angemessene Annahme. Es wird daher x mit Rücksicht darauf, dass es sich in den höchsten Drucken mit der geringsten Abänderung zeigen muss, auf etwa $\frac{1}{1600}$ anzunehmen sein, d. h. das Volumen der Wasserstoffmolecüle beträgt $\frac{1}{1600}$ ihrer Raumausbreitung bei einer Atmosphäre und bei der vorausgesetzten Beobachtungstemperatur. Ausserdem lässt sich mit Sicherheit ersehen, dass abändernde Ursachen das aus den Beobachtungen berechnete x von den hohen bis zu den niedern Drucken hin etwas sinken lassen, — eine Abnahme, die bei dem Wasserstoff jedoch geringfügig genug ist, um die maassgebende Natur des Hauptgesetzes ohne Weiteres erkennen zu lassen. Die Wasserstoffmolecüle sind so gering an Masse, dass die von ihnen ausgehenden Kräfte, wenn sie in denselben Entfernungen wirken, wie diejenigen der bedeutend schwereren Gase, alsdann offenbar gegen die Spannkraft der Wärme bei Weitem nicht die grossen Abänderungen hervorbringen können, die bei niedern Drucken das Gesetz für andere Gase verdunkeln. Ehe wir daher die Abänderungen, die nach den niedern Drucken hin, wenn auch bei dem Wasserstoff nur wenig, doch sonst überall stärker platz-

greifen, in Erwägung ziehen, müssen wir erst die Tragweite des Gesetzes, die unter Uebersprungung der niedern Skala bis zu den höchsten Drucken reicht, für die wichtigsten, als einfach geltenden Gase, also für Sauerstoff und Stickstoff sowie auch für die daraus gemischte Luft feststellen.

8. Nehmen wir aus den Nattererschen Beobachtungen, ganz wie in der vorigen Nummer, eine Anzahl wichtiger Positionen heraus und berechnen unsere Constante x, so ergeben sich für Sauerstoff, Stickstoff und Luft folgende drei Tabellen:

Sauerstoff.

Atmosphären	Volumen	Berechnetes Molecül-volumen (x)
1354	$\frac{1}{657}$	$\frac{1}{1296}$
1284	$\frac{1}{647}$	$\frac{1}{1303}$
1218	$\frac{1}{637}$	$\frac{1}{1336}$
1010	$\frac{1}{597}$	$\frac{1}{1456}$
923	$\frac{1}{577}$	$\frac{1}{1538}$
517	$\frac{1}{347}$	$\frac{1}{3570}$

Stickstoff.

Atmosphären	Volumen	Berechnetes Molecül-volumen (x)
2790	$\frac{1}{705}$	$\frac{1}{943}$
2654	$\frac{1}{693}$	$\frac{1}{946}$
2522	$\frac{1}{685}$	$\frac{1}{940}$
1940	$\frac{1}{635}$	$\frac{1}{963}$
1546	$\frac{1}{593}$	$\frac{1}{968}$
980	$\frac{1}{513}$	$\frac{1}{1085}$
515	$\frac{1}{385}$	$\frac{1}{1527}$

Luft.

Atmosphären	Volumen	Berechnetes Molecül-volumen (x)
2790	$\frac{1}{726}$	$\frac{1}{978}$
2659	$\frac{1}{716}$	$\frac{1}{950}$
2531	$\frac{1}{706}$	$\frac{1}{973}$
1943	$\frac{1}{656}$	$\frac{1}{998}$
1047	$\frac{1}{536}$	$\frac{1}{1070}$
504	$\frac{1}{396}$	$\frac{1}{1867}$

In diesen hohen Drucksteigerungen ist das Gesetz ebenfalls genügend erkennbar; auch zeigt die Luft, wenn man ihr Verhalten mit dem ihrer Bestandtheile vergleicht, bei entsprechend zusammengehörigen Spannungen, wie es sein muss, ein mittleres Molecülvolumen. Ueberdies ist auch ferner erkennbar, dass die für x beobachteten Werthe nach den niedern Drucken hin sinken, was also zunächst auch keine andere Erscheinung ist, als diejenige bei dem Wasserstoff.

Der äusserliche Unterschied im Verhalten der fraglichen Gase von demjenigen des Wasserstoffs wird erst ersichtlich, wenn man aus dem Gebiet der hohen Drucke in das der niedern übergeht, für die ich hier keine besondern Anführungen von Beobachtungen nöthig habe, sondern mich auf die allergewöhnlichsten und zugänglichsten Angaben berufen kann, die sich namentlich aus den Regnaultschen Ergebnissen in den detaillirteren Hand- und Lehrbüchern der Physik vorfinden. Es ist hier nämlich ein Zurückgehen auf die ursprüngliche Gestalt der Versuche überflüssig, weil der verneinende Hauptschluss von untergeordneten Differenzen in der Wiedergabe oder Umrechnung der Beobachtungen unabhängig bleibt. Wir finden nun überall, dass äusserlich die Abweichungen von der Mariotteschen Regel in den niedern Drucken und in der Richtung des Fortschritts zu den höheren im entgegengesetzten Sinne erfolgen, als unser Hauptgesetz mit sich bringt. Diese entgegengesetzte Abänderung wird aber im Aufsteigen kleiner und verschwindet, um den im Sinne des Grundgesetzes erfolgenden Abweichungen Platz zu machen. Nun hiesse es, sehr unrationell denken, wenn man, durch diese äusserlichen Umstände verleitet, annehmen wollte, Gase wie Sauerstoff, Stickstoff und Luft folgten einem ganz andern Gesetz als der Wasserstoff. Es ist vielmehr angezeigt, bei allen diesen Gasen erstens das Grundgesetz nicht unlogisch blos in dem höchsten Theil der Druckskala, sondern für den ganzen Inbegriff möglicher Ausdehnungen anzuerkennen, dafür aber zweitens ebenfalls für jene Gase einschliesslich des Wasserstoffs eine übereinstimmende Ursache vorauszusetzen, durch welche die Zusammendrückung begünstigt wird. Diese letztere innere Kraft, die nicht wie die Spannkraft der Wärme als Zwischenagens, sondern als von den Molecülen ausgehend anzusehen sein mag, wird sich nun antagonistisch mit der nach dem Grundgesetz nothwendigen Drucksteigerung zusammensetzen und in den hohen Drucken eine

verhältnissmässig geringe Verkleinerung, für die weiter nach unten belegenen Spannungen aber eine erhebliche, ja bei einem bestimmten Punkte eine gänzliche Aufwiegung und weiterhin sogar eine wachsende Ueberwiegung jenes Mehrwiderstandes ergeben. Die grundgesetzliche Mehrspannung, die natürlich nur aus dem Gesichtspunkt der unexacten Mariotteschen Regel auf diese Weise bezeichnet werden kann, ist hienach überall vorhanden, aber nicht überall gleich sichtbar, weil sie durch einen entgegengesetzten innern Zug der Molecüle zu einander in den verschiedenen Theilen der Skala mehr oder minder an der Wirkung nach Aussen gehindert wird. Es ist demgemäss in der Ordnung, dass je nach den quantitativen Combinationsverhältnissen, die sich an den verschiedenen Stellen der Druckskala für die beiden Kräftewirkungen ergeben, in den unmittelbaren Beobachtungen eine Verschiedenheit des Sinnes bemerkbar wird. Jedoch kann die angegebene bestimmtere Vorstellungsart von der abändernden Ursache zweiter Ordnung zunächst nur den mechanischen Sinn haben, dass die Spannkraft der Wärme nicht voll und ganz zur Wirkung gegen den äussern Druck gelange. Setzt man nun stillschweigend voraus, dass die mit der Temperatur verbundene Spannkraft der Wärme an sich selbst keine Verminderung erfahre, so bleibt allerdings nichts übrig, als anzunehmen, dass sie zu einem kleinen Theil durch die auf gegenseitige Annäherung hinwirkenden Kräfte der Molecüle gleichsam neutralisirt werde. Solange hier aber keine rechnende Controle an den Beobachtungen möglich ist, muss für die Bestimmung derartiger Vorstellungen der Spielraum offenbleiben. Das einzig mit Gewissheit Erkennbare ist der Sinn, in welchem die abändernde Ursache wirkt, und der Umstand, dass diese Ursache unter den Verhältnissen, in denen wir die Gase bisher betrachtet haben, von zweiter Ordnung ist.

9. Ein durchaus neues Element tritt in die Betrachtung ein, sobald man sich, wo es thunlich ist, mit dem Gange der Zusammendrückungen beschäftigt, der zu dem Flüssigwerden der Gase führt. Für diesen interessanten Typus des Verhaltens, der sich gewaltig von der Mariotteschen Regel entfernt, haben jedoch bisher, trotz der neuerlichen Condensation aller Hauptgase, bestimmte und brauchbare Beobachtungen wesentlich nur in Bezug auf Kohlensäure und Stickoxydul zur Verfügung gestanden. Dennoch genügen auch diese wenigen Thatsachen, um eine mathematisch

formulirbare, mit den Beobachtungen stimmende und an sich selbst befriedigende Erklärung aufzufinden, die Alles leistet, was von einem ersten Entwurf in dieser Richtung erwartet werden kann. Das höchste Maass von Rationalität hängt nämlich in dieser Richtung davon ab, den letzten mechanischen Grund aufzudecken, warum sich die mehrfachen Molecüle eines Gases bei nachlassendem Druck oder bei steigender Temperatur in die einfachen Molecüle nach und nach wieder zu trennen vermögen. Wie gewöhnlich in umgekehrter Richtung aufgefasst, ist also die Frage die, wie der steigende Druck die Molecüle veranlassen könne, nach und nach zu Doppelmolecülen zu werden und so ein Nachgeben der innern Spannkraft des Gases herbeizuführen. Die allgemeine Vorstellung von mehrfachen Molecülen, die sich bilden oder auflösen, ist den Chemikern nicht fremd. Auch die Herbeiziehung dieser Vorstellung zur Discussion der von der Mariotteschen Regel abweichenden Erscheinungen ist, soweit es sich um quantitativ unbewahrheitete und daher noch sehr vage Allgemeinheiten handelte, nicht unterblieben, da diese Wendung ziemlich nahe lag. Woran es aber, soweit mir bekannt, bis jetzt gefehlt hat, ist die zulängliche mathematische Bethätigung jener Voraussetzung und die quantitative Bewahrheitung vermittelst einer nicht empirischen sondern aus der Annahme selbst abgeleiteten Formel. Die Aufstellung dieser Formel muss ich daher als neu signalisiren, wenn sie auch, nebenbei bemerkt, nicht von mir, sondern von meinem Sohn Ulrich herrührt, der sie in seinen ausschliesslich von mir geleiteten Studien aufsuchte.

Da die Druckverhältnisse und zwar unter verschiedenen Temperaturen bis zu den Flüssigkeitspunkten nur bei der Kohlensäure einigermaassen ausgiebig beobachtet, bei dem Stickoxydul aber nur für die niedern Drucke zusammenhängende Daten vorhanden sind, so ist ganz allein ersteres Gas als Ausgangspunkt und Muster zu verwerthen. Nun geht dem Zustande, in welchem die Kohlensäure flüssig ist, ein Uebergangsstadium von ungefähr siebenmaliger Verdichtung ihres gesättigten Dampfes voraus, und während dieses Stadiums bleibt der Druck constant. Nimmt man den Grenz- und Anfangspunkt dieses Stadiums oder, wie man ihn auch kurzweg nennen kann, den Verdichtungspunkt des Gases zum Ausgangspunkt und das zugehörige Volumen sowie den zugehörigen Druck zu Einheiten, durchläuft man also die Skala in der entgegengesetzten Richtung und nach Einheiten, die

am entgegengesetzten Ende gewählt sind, als es Gewohnheit ist, so ergiebt und bewährt sich eine verhältnissmässig einfache Beziehung, nämlich $\frac{1}{2}p = \frac{\frac{1}{v}}{1+\left(\frac{1}{v}\right)^{\frac{4}{3}}}$. Was zunächst die Bedeutung dieser Formel für den Ausgangspunkt selbst betrifft, bei welchem p und v die Einheiten selbst sind, so erhält sie dort ihren Sinn dadurch, dass bei diesem Punkte das Volumen fast genau die Hälfte von demjenigen ist, welches nach der bei den niedrigsten Drucken anwendbaren Zusammendrückungsregel vorhanden sein sollte. Es ist daher die Volumenseinheit im Verhältniss zur zugehörigen Druckeinheit fast genau nur die Hälfte in Vergleichung mit dem, was die zu einer Atmosphäre zugehörige Volumenseinheit relativ vorstellt. Bei 0° und 35,4 Atmosphären ist das Volumen der Kohlensäure $\frac{1}{70{,}56}$ von demjenigen Volumen, welches bei einer Atmosphäre statthat. Die kleine Abweichung von der genauen Hälfte ist aber auch nur scheinbar. Sie rührt daher, dass eine Atmosphäre und das zugehörige Volumen die Einheiten sind, in denen sich die Beobachtungen ausgedrückt finden. Schon bei diesen Einheiten greift unser in der Formel ausgedrücktes Gesetz Platz. Man muss also mit den Drucken noch weiter herabgehen, um jene kleine Differenz immer mehr auszugleichen. Wählte man die Einheit bei einem so kleinen Druck und so grossen Volumen, dass die Mariottesche Regel mit äusserster Annäherung als zutreffend angesehen werden kann, so würde man am andern Ende der Skala bei dem Verdichtungspunkt die fragliche Hälfte entsprechend exact finden. Die Mariottesche Regel gilt auch bei den niedrigsten Drucken nie ganz streng; sie ist vielmehr eine Abstraction mit Weglassung abändernder Umstände und ein Grenzfall, dem sich nach unten hin das wirkliche Verhalten der Gase unbeschränkt nähert. Gestattet man sich nun, diesen Grenzfall, der so zu sagen über jede Wirklichkeit hinaus und jenseit einer unbeschränkten Verdünnung der Gase liegt, rein mathematisch zu verselbständigen, so lässt sich in Beziehung auf die für ihn gewählten Einheiten von Druck und Volumen, die freilich in der Nachbarschaft von 0 mm Druck zu suchen oder vielmehr unter Absehen von der kleinen Abweichung künstlich zu construiren wären, allerdings

sagen, dass in diesen Einheiten ausgedrückt das Halbirungsverhältniss bei dem Verdichtungspunkt in vollster Strenge sichtbar werden muss.

Ich bin auf den Umstand, dass der Druck am Verdichtungspunkt der doppelte von demjenigen ist, zu welchemdie am andern äussersten Ende der Skala fingirte Mariottesche Regel geführt haben würde, darum näher und genauer eingegangen, weil erst hiedurch die Natürlichkeit einleuchtet, die Einheiten bei dem Verdichtungspunkt und überdies deren Verhältniss genau so vorauszusetzen, dass ein Hinabsteigen der Druckskala zeigt, wie sich schliesslich das Volumen im Verhältniss zum Druck verdoppelt finde oder vielmehr unbeschränkt dieser Verdoppelung nähere. Wo man auch für andere Temperaturen als 0° das Verhalten der Kohlensäure und bei dem Verdichtungspunkt wenigstens den Druck kennt, lässt sich auf dieselbe Volumenshalbirung schliessen. Nach den neusten Beobachtungen findet sich für 6,5° der Verdichtungspunkt der Kohlensäure bei 41,72 Atmosphären und als Volumen ergiebt sich hiezu $\frac{1}{83{,}22}$ der auf eine Atmosphäre bei der angegebenen Temperatur genommenen Raumeinheit, wenn man die nicht bis zum Verdoppelungspunkt reichenden Volumensbeobachtungen mit unserer Formel vergleicht und durch diese Formel dann zur Bestimmung des zu 41,72 Atmosphären gehörigen Volumens dienen lässt.

Es ist eine zugleich physikalische und chemische Polymerie, die dem in der Formel ausgedrückten mathematischen Gesetz als Ausgangspunkt der Ableitungen diente. Die Halbirung des Volumens im Verhältniss zum Druck deutete von vornherein darauf hin, dass die aus Molecülen CO_2 zusammengesetzt gedachte Kohlensäure bei dem Verdichtungspunkt gänzlich aus Doppelmolecülen C_2O_4 bestehe. Bei jeder Druckänderung konnte demgemäss vorausgesetzt werden, dass eine bestimmte Anzahl von Doppelmolecülen gebildet, beziehungsweise bei dem Nachlassen des Druckes getrennt werde. Das Verhältniss dieser Anzahl zu den andern jedesmal in Frage kommenden Grössen ist nur die Differentialform von derjenigen integrirten Gestalt, aus der alsdann unsere Formel gebildet wurde. Ich verzichte vorläufig auf die Wiedergabe dieser Zwischenstadien des Hauptschlusses. Die Bedeutung der Formel beruht zunächst darauf, dass sie die thatsächlichen Erscheinungen und Beobachtungen

deckt und dies nicht etwa zufällig sondern auf Grund einer maassgebenden Vorstellung leistet. Besondere Constanten kommen in ihr nicht vor, weil solche durch natürliche Einheiten vertreten werden. Wählte man künstliche Einheiten in der gewöhnlichen Weise, so würde in der sich alsdann ergebenden Formel auch eine besondere Constante sichtbar werden, was ich jedoch jetzt nicht weiter erläutere, da es sich in der Hauptsache ja nur um die thatsächliche Nachweisung handelte, wie es auch für die zur Condensation führende Zusammendrückung ein mathematisch formulirbares Gesetz gebe.

10. Mit jedem Schritt, den man zur rationellen Darstellung des Ganges der Zusammendrückungen thut, wird nicht blos die Mariottesche Regel durch richtigere Beziehungen ersetzt, sondern es werden auch noch andere Gesetze, die man mit ihr combinirte oder die nur unter ähnlichen Voraussetzungen aufgefasst und formulirt wurden, in Mitleidenschaft gezogen. Zunächst muss die Annahme, nach welcher die Ausdehnung der Gase durch die Wärme bisher vorgestellt wurde, also das auch wohl kurzweg so genannte Gay-Lussacsche Gesetz, mindestens dem gleichen Schicksal anheimfallen wie das Mariottesche. Ist letzteres unhaltbar, so ist es auch ersteres. Jede neue Wendung, welche uns Volumenveränderungen zeigt und erklärt, die nicht einfach dem Druck umgekehrt proportional sind, zeigt uns hiemit auch zugleich Verhältnisse, für welche die gewöhnliche Anwendung des Ausdehnungscoefficienten zu Ungereimtheiten führen muss. Offenbar muss man dasselbe Ergebniss erhalten, ob man zuerst Druck und dann Wärme, oder zuerst die Wärme und dann den Druck auf dieselbe, bei einer Atmosphäre genommene Volumseinheit wirken lässt. Bei sehr hohen Drucken muss es nun, etwa am Beispiel des Wasserstoffs, recht handgreiflich werden, dass diese beiden gleichwerthigen Methoden zu sehr verschiedenen Resultaten führen. Die Anzahl Grade, die eine Vergrösserung des Volumens auf rund $\frac{4}{3}$ liefert, sollte nach den geltenden Vorstellungen dies thun, gleichviel ob sie bei der Volumseinheit unter einer Atmosphäre Druck oder aber bei 1000 Atmosphären angebracht wird. Die fragliche Ausdehnungsregel setzt also eine gleichmässig proportionale Volumensvermehrung stillschweigend voraus. Liefert nun das Zusammendrückungsgesetz, wie bei den angedeuteten hohen Drucken, von der Proportionalität stark abweichende Volumquoten, wie es die Beobachtung und die grund-

gesetzliche Nothwendigkeit lehren, so lassen sich diese Unterschiede durch Multiplication der für 0^0 gültigen Quote mit $\frac{4}{3}$ nicht im Entferntesten ausgleichen. Von irgend erheblichen Aenderungen des Ausdehnungscoefficienten für verschiedene Drucke hat man bei Gasen wie der Wasserstoff, der doch grade unser Gesetz am ungemischtesten aufweist, innerhalb des kleinen Spielraums der Beobachtungen keine Gelegenheit gehabt, etwas zu bemerken, und sie übrigens auch wohl nicht gesucht. Anderwärts, wo die Mariottesche Regel in einem entgegengesetzten Sinn rasch und stark variirt, wie bei der Kohlensäure, und wo dann noch Variationen des Coefficienten nach der Temperatur hinzukommen, hat man einige zusammenhanglose Angaben geliefert, die wenigstens für das zeugen, was sich theoretisch auch ohne dies schliessen lässt, nämlich für sehr bedeutende Unterschiede. Letztere bleiben aber chaotisch und fast ohne Werth, solange es nicht gelingt, die Wärmeausdehnung der Gase auf eine mehr principielle Art vorstellig zu machen und ein eigentliches Gesetz zu gewinnen, welches demjenigen der Zusammendrückung ebenbürtig ist.

Das wahre Gesetz ist weniger in der zahlenmässigen Abänderung eines Ausdehnungscoefficienten, als in der richtigen Deutung und Anwendung eines solchen zu suchen. Sobald wir dasselbe Grundgesetz des Zwischenraums, welches für die Zusammendrückungen in erster Linie maassgebend ist, auch auf die durch Wärme erfolgenden Ausdehnungen übertragen, stellt sich die schönste Uebereinstimmung her. Der neue Grundsatz wäre also der, dass nicht das ganze Volumen, sondern das Zwischenvolumen das ist, worauf sich die ausdehnende Kraft der Wärme unmittelbar bezieht und worauf daher auch der Ausdehnungscoefficient oder vielmehr der daraus gebildete Factor zu beziehen ist. Unter hohen Drucken oder, mit andern Worten, bei kleinem Volumen werden die Unterschiede in Folge des neuen Ausdehnungsgesetzes sehr erheblich. Ist beispielsweise das Zwischenvolumen nur das Dreifache von dem Molecülvolumen, also $\frac{3}{4}$ des ganzen Volumens, so würde nach der alten Regel für eine entsprechende Anzahl von Graden eine Ausdehnung von 1 auf $\frac{4}{3}$ stattfinden, während nach dem neuen Gesetz das Zwischenvolumen von $\frac{3}{4}$ auf 1, also das ganze Volumen nur auf $\frac{5}{4}$ steigt. Nach der alten Vorstellungsart, nämlich unter Beziehung auf das ganze Volumen als Einheit, wäre nach diesem Ergebniss der Ausdehnungscoefficient im Verhältniss von $\frac{1}{3}$ zu $\frac{1}{4}$, also um ein

Viertel seines Werths gesunken. In Wahrheit ist er aber derselbe geblieben, jedoch auf das Zwischenvolumen zu beziehen. Das gewählte Beispiel ist noch durchaus kein sehr extremes. Nimmt man einen der äussersten Fälle, also der Einfachheit wegen etwa den, in welchem Zwischenvolumen und Molecülvolumen gleich sind, so würde der gewöhnlichen Vorstellung entsprechend die Ausdehnung des Gesammtvolumens 1 auf $\frac{4}{3}$, dem neuen Gesetz zufolge die des Zwischenvolumens $\frac{1}{2}$ auf $\frac{2}{3}$ steigen. Es würde also das Gesammtvolumen nach der Ausdehnung $\frac{2}{3} + \frac{1}{2} = \frac{7}{6}$ anstatt $\frac{4}{3}$ sein, und es müsste sich der Ausdehnungscoefficient, wie er gewöhnlich verstanden wird, im Verhältniss von $\frac{1}{3}$ zu $\frac{1}{6}$, also bereits bis zur Hälfte seines Werths vermindert haben.

Einer solchen verkünstelten, mit dem steigenden Druck sinkenden Skala von Ausdehnungscoefficienten entgeht man, wenn man von vornherein den beobachteten Coefficienten nach Maassgabe des Zwischenvolumens verbessert und in dieser nur geringfügig veränderten Grösse bei den höchsten wie bei den niedrigsten Drucken stets auf das Zwischenvolumen anwendet. Man hat alsdann für die ganze unbeschränkte Stufenleiter über und unter der Ausgangseinheit nur einen einzigen Coefficienten, der auch zugleich der Grenzwerth ist, dem sich die nach der alten Weise ermittelten Coefficienten mit dem sinkenden Druck unbeschränkt nähern. Die Willkür, die sonst in der Wahl einer bestimmten Einheit, nämlich des Volumens bei einer Atmosphäre, sichtbar war, findet sich nun ausgemerzt; denn der verbesserte Ausdehnungscoefficient gilt für den höchsten wie für den niedrigsten Druck. Auch ist seine Bestimmung sehr einfach; denn man hat in dem alten Ausdehnungscoefficienten nichts weiter als die Vermehrung des Zwischenvolumens zu sehen und daher durch dieses zu dividiren. So tritt an die Stelle des gewöhnlich mit α bezeichneten alten Coefficienten der verbesserte $a = \frac{\alpha}{1 - x}$. Dieser Abänderung bedarf man nicht blos bei dem Wasserstoff, wo sie sich unmittelbar an der Einheit bei einer Atmosphäre vornehmen lässt, sondern auch zur Anwendung auf die hohen Drucke bei den übrigen Gasen. Sind auch die Unterschiede nur gering, so ist doch die Correctur ein Zubehör dessen, was die grössten Unterschiede mit sich bringt, nämlich der Anwendung auf hohe Drucke. Gesetzt der Ausdehnungscoefficient im gewöhnlichen Sinne wäre bei den kleinen Volumina unserer obigen Beispiele

nach den Einheiten dieser Volumina durch Beobachtung festgestellt worden, so würden die Correcturen in der Vermehrung desselben um ein Drittel und, im zweiten Beispiel, sogar um das Ganze seines dortigen Werths bestehen müssen. Was aber bei veränderter Einheit und entsprechend gewählter Beobachtung eine handgreiflich nothwendige Correctur ist, muss auch unter Umständen, wo der praktische Unterschied zunächst unerheblich zu sein scheint, wenigstens angedeutet werden. Man darf daher nur den Ausdehnungscoefficienten a, also nur den durch $1 - x$ dividirten Ausdehnungscoefficienten in die Formeln einführen, in denen sich das Grundgesetz der Zusammendrückung mit demjenigen der durch Wärme bewirkten Ausdehnung combinirt. Uebrigens sei auch noch nebenbei bemerkt, dass dieser verbesserte Ausdehnungscoefficient zugleich den Spannungscoefficienten, d. h. die Quote der Druckvermehrung bei gleichem Volumn, vorstellen muss, insofern der Unterscheidung eines besondern Spannungscoefficienten vom Ausdehnungscoefficienten die fragliche Unzulänglichkeit der Mariotteschen Regel zu Grunde liegt.

11. Was wir in der vorigen Nummer bezüglich des Gesetzes der Wärmeausdehnung der Gase festgestellt haben, hätte sich auch von vornherein principiell absehen lassen. Wenn es nämlich die Spannkraft der Wärme ist, deren Widerstand sich bei gleichen Temperaturen nach dem Zusammendrückungsgesetz bemisst, so wird auch die selbständige oder ausdehnende Wirkung dieser Spannkraft denselben Bethätigungsbedingungen unterworfen sein. Es ist undenkbar, dass die nach Maassgabe des Zwischenvolumens widerstehende Wärme nicht auch, wenn sie neu zugeführt wird, ebenfalls nach Maassgabe des Zwischenvolumens die Ausdehnung hervorbringen sollte. Wie die Mariottesche und die Gay-Lussacsche Regel zusammengehören und namentlich auch den Fall einschliessen, dass bei gleichem Volumen Spannung und Gegendruck wachsen, so kann auch ein umfassendes Gesetz der Zusammendrückung nur mit einheitlicher Rücksicht auf die Aenderung seiner beiden Voraussetzungen, also von Wärme und Druck, vollkommen verständlich werden. In der That ist es nur eine einzige Ursache, nämlich die Spannkraft oder, gradezu gesagt, die Druckwirkung der Wärme, um deren Gesetz es sich je nach dem Wärmegrad und nach Maassgabe der Anbringung äusseren Gegendrucks handelt. Diese mechanische Druckwirkung der Wärme wird nun bezüglich ihrer

schematischen und so zu sagen maschinenmässigen Vermittlung zwischen den Molecülen dieselbe sein, gleichviel, ob ihre Vermehrung bei gleichem Drucke die Ausdehnung hervorbringt, oder ihr ursprüngliches Maass bei nachlassendem Druck wesentlich dasselbe thut. Immer ist es die zwischen den Molecülen und hier nach dem mechanischen System der Gasconstitution wirksame Wärme, deren Bethätigungsgesetz nach Spannung und Druck in Frage ist. Die Einheitlichkeit des Gesichtspunkts ist also bei der Gesetzesaufstellung über allen Zweifel hinausgehoben, und, selbst abgesehen von der besondern Rechenschaft über die Gestaltung des Zusammendrückungsgesetzes, würde auch für jede andere Beseitigung von Schwierigkeiten, die aus der Unrichtigkeit der Mariotteschen Regel erwachsen, die Wärmewirkung auf die Gase miteinzuschliessen sein.

Als noch grösser erweist sich die Tragweite des neuen Zusammendrückungsgesetzes, wenn wir bedenken, dass auch der Avogadrosche Satz davon betroffen wird. Dieser für die Chemie fundamentale Satz spricht bekanntlich aus, dass bei gleichem Druck und für gleiche Temperatur dieselben Volumina verschiedener Gase eine gleiche Anzahl Molecüle enthalten. So weit nun durch Veränderungen von Druck und Temperatur das Volumen proportional oder wenigstens bei den verschiedenen Gasen in demselben Verhältniss geändert wird, kann auch jener Satz bestehen und sogar mit der Voraussetzung vereinbar bleiben, dass sich die Molecülzahl selbst nicht ändert. Wird aber die Molecülzahl, wie wir es bei der Kohlensäure vorausgesetzt haben, durch Bildung von Doppelmolecülen geringer, so müssen dem entsprechend auch das Volumen oder die Temperatur oder beide verändert werden, wenn der Avogadrosche Satz auch hier eine Anwendung erhalten soll. Auf diese Weise kann er sogar den allgemeineren Sinn und die bestimmtere Fassung erhalten, dass es die Anzahl der Molecüle ist, welche unter übrigens gleichen Umständen bei den verschiedenen Gasen die gleichen oder gleichwerthigen Wirkungen repräsentirt. Werden nun aber die Umstände nicht gleichmässig verändert, ist also beispielsweise der Umfang der Molecüle, wie in unserm Grundgesetz, für Wärmewirkung und Druck maassgebend, dieser Umfang jedoch bei den verschiedenen Gasen einigermaassen abweichend, so ist es nicht mehr möglich, dass bei gleichem Druck und gleicher Temperatur auf dasselbe Volumen noch dieselbe Molecülzahl komme. Die

Vergleichung hoher Drucke bei Wasserstoff und Sauerstoff liefert handgreifliche Beispiele; aber es ist auch von vornherein gewiss, dass, wenn das Gesetz der Volumensänderung, deren Ursachen beliebige sein mögen, aber nicht selbst in Aenderungen der Molecülzahl bestehen, nicht bei allen Gasen für alle jene Ursachen genau gleiche Ergebnisse liefert, alsdann auch die Einerleiheit der Molecülzahl aufhört. Der Avogadrosche Satz lässt sich daher in seiner unmittelbaren Formulirung nur für einen Grenzfall oder, was dasselbe heisst, als mit äusserster Annäherung für geringste Dichtigkeiten gültig betrachten. Es hat mit ihm dieselbe Bewandtniss wie mit dem Mariotteschen Satze, der ja auch für die äussersten Zerstreuungszustände mit grösster Annäherung gilt.

Nimmt man nun an, dass die gewöhnliche Formulirung des Avogadroschen Satzes, dem eine wärmemechanische Wahrheit, jedoch nicht eine von den nach der Bernoullischen Hypothese construirbaren, zu Grunde liegt, — nimmt man an, dass jene gewöhnliche Formulirung, aber bezogen auf den vorher erwähnten Grenzfall, an sich haltbar ist, so kann man sie mit den Erfordernissen des Zusammendrückungsgesetzes dadurch in Uebereinstimmung bringen, dass man auch hier wiederum anstatt des Volumens das Zwischenvolumen maassgebend sein lässt. Gleiche höchste Drucke sind bei den verschiedenen Gasen immer bei gleichem Zwischenvolumen vorhanden. Es zeigen also die hier allein im Gebiet der hohen Drucksteigerungen gesetzmässig erkennbaren Verhältnisse, dass bei verschiedenen Gasen eine gleiche Anzahl von Molecülen demselben Zwischenvolumen entspricht. Diese Fassung des Avogadroschen Satzes deutet zugleich für den weiter Ueberlegenden an, dass die Molecülzahl, die sich in einem Raume unter bestimmten Druck- und Wärmeverhältnissen befindet, nicht sowohl der Grund als vielmehr die Folge der fraglichen Kräfte ist. Dies wird noch deutlicher in Fällen von ganz anderem Gepräge, an die wir schon oben mit der Bemerkung über die Kohlensäure streiften. Bei der Kohlensäure werden Druck und Temperatur, ähnlich wie in der eigentlichen Condensation von Dämpfen, die Ursache, aus welcher sich die Zahl der Molecüle durch Verbindung verringert, und der Raum, welchen die Doppelmolecüle einnehmen, ist die Hälfte desjenigen, den die einfachen, aus denen jene gebildet wurden, hätten einnehmen müssen. Die durch den Druck bewirkte Volumver-

änderung gestattete eben keine andere Anordnungsart der Molecüle mehr, und das Zusammenfallen von einfachen zu doppelten Molecülen musste eine weitere Reduction der Spannkraft und mithin eine selbständige Verringerung des Volumens zur Folge haben. Es stimmt also unser allgemeiner Gedanke, dass innere Wärmespannung und äusserer Druck zusammen mit den jedesmaligen räumlichen Möglichkeiten die Molecülzahl reguliren, sehr wohl zu dem Kern und den nothwendigen Abänderungen des Avogadroschen Satzes.

12. Die Gesichtspunkte, zu denen das neue Gesetz in den besondern Richtungen geführt hat, lassen sich etwas mehr den bisherigen Gewohnheiten anbequemen, wenn man principiell auch dem Namen nach vom Mariotteschen und Gay-Lussacschen Satze ausgeht, diesen beiden Sätzen aber von vornherein den erforderlichen neuen Sinn dadurch unterlegt, dass man sie nicht auf Volumen überhaupt, sondern auf Zwischenvolumen und zwar auf ein solches bezieht, wie es bestehen würde, wenn es nicht durch andere Ursachen Abänderungen erführe. In dieser Fassung sind das Zusammendrückungsgesetz und das Ausdehnungsgesetz vollkommen strenge Wahrheiten, in denen nicht das geringste Element blosser Annäherung in Frage kommt. Man hat bei dieser Vorstellungsart unserer Grundwahrheiten den Vortheil, nicht nur der Form nach an die Ueberlieferung anzuknüpfen und allenfalls noch von einem richtig angewendeten und wohlverstandenen Mariotteschen und Gay-Lussacschen Verhältniss reden zu können, sondern auch sachlich den unmittelbaren Wirkungsbeziehungen der in Frage kommenden Ursachen in unmittelbarster Weise gerecht zu werden. In der That ist es ein äusserst einfaches Gesetz und eine Folge der Einerleiheit der Kraft im Raume, dass dieselbe den Raum erfüllende Ursache doppelt wirke, wenn sie auf den halben Raum beschränkt wird. Ebenso ist es das Natürlichste, dass die Wärme mit ihrer Spannkraft unter gleichem Druck gleiche Volumgrössen, aber offenbar nur von solcher Art des Volumens hinzufüge, wie es überhaupt den freien Spielraum für die Wärmewirkung abgiebt und auch bei der Zusammendrückung als beständig zu Grunde liegendes Volumen in Frage kommt. Das für die Wirkung freie und daher maassgebende Volumen ist das Zwischenvolumen; wenn aber, wie bei der Kohlensäure, aus andern Ursachen eine Verringerung des Volumens auf die Hälfte eintritt, so beziehen sich sowohl das Zusammendrückungsgesetz

als auch dasjenige der Wärmeausdehnung auf das ganze Volumen, und es ist die zweite, im fraglichen Beispiel halbirende Ursache als etwas durchaus Selbständiges zu betrachten, dessen Wirkung eben nur hinzukommt und in Gedanken abzusondern ist. Das Gay-Lussacsche Verhältniss der Volumenveränderung ist auch bei der Kohlensäure streng in Anwendung zu bringen; aber es tritt bis zum Condensationspunkt, also beispielsweise, wenn man bei dem Druck einer Atmosphäre von 0° bis zu — 78° abkühlt, eine Halbirung desjenigen Volumens ein, welches nach dem Gay-Lussacschen Satze zu erwarten wäre. Hier ist also nicht der Kern des Satzes selbst unrichtig, sondern nur der gewöhnliche Sinn und die ihm entsprechende Anwendung des Satzes. Es sind zwei Ursachen im Spiele, deren Wirkungen sich vereinigen. Erstens ist das Gay-Lussacsche Verhältniss maassgebend und zweitens wird nach und nach eine Verringerung des Volumens auf die Hälfte hervorgebracht. Die Verbindung von zwei Ursachen ist also, wenn man die Condensation blos durch Wärmeveränderung erzeugt, eine völlig analoge, wie wenn man sie durch blossen Druck bewirkt. In dem einen Falle ist es der haltbare Kern des Gay-Lussacschen, in dem andern derjenige des Mariotteschen Satzes, der sich bewahrheitet, wenn man ihn als Bestandtheil einer Combination und nicht als ausschliesslich maassgebend auffasst. Auf diese Weise kommen die wahren Naturgesetze, die in ihren letzten Bestandtheilen einfach sein müssen, zu ihrem Recht, und wir glauben unsern neuen Grundgesetzen zugleich den Vortheil zuschreiben zu dürfen, dieses Grundverhältniss klarzustellen. Wie man also einerseits sagen kann, das Mariottesche und das Gay-Lussacsche Gesetz seien widerlegt, so kann man andererseits auch mit demselben Recht behaupten, jene beiden Sätze seien nun erst recht in ihrem Kern sichtbar gemacht und mit diesem, bisher verborgenen Kerngehalt zu einer entschiedeneren Geltung gebracht, als je zuvor.

Das Zusammendrückungsgesetz und das dem Wärmezuwachs entsprechende Ausdehnungsgesetz sind nächst demjenigen, welches auf die allgemeine Schwere Bezug hat, die beiden Hauptsäulen der mechanischen Physik und Chemie. Soweit man dahin gelangen wird, diese beiden Gesetze unter allen Voraussetzungen anzuwenden, welche durch die Verschiedenheit der Stoffe und der entsprechenden Gestaltung der Molecülbeziehungen gegeben werden, wird man auch alle Zustände der Körper zu erklären

vermögen, die auf der Combination von Druck und Wärme beruhen. Freilich wird es hiezu nöthig sein, in den Kern der Zusammendrückungs- und Ausdehnungsgesetze überall vorzudringen, und ausser bei den gasförmigen auch bei den flüssigen und festen Körpern sichtbar zu machen, wie sich hier ein für alle Aggregatzustände gemeinsames Gesetz der Drucke und der Wärmeausdehnungen aus der Zusammensetzung und Verwicklung mit den sonst noch thätigen Kräften aussondern lasse. Hier ist nun noch so gut wie nichts geschehen, wodurch die Physik rationeller geworden wäre. Schon das völlig neue, im nächsten Capitel darzustellende Gesetz der bei verschiedenen Stoffen einander entsprechenden Siedetemperaturen wird lehren, wieviel in dieser Richtung fehlt. Es wird ein Beispiel liefern, wie sich folgenreiche und praktisch brauchbare Wahrheiten so zu sagen an den Endpunkten bestimmter Wirkungsreihen als allgemeine Gesetze formuliren lassen, während die bisherige Physik noch keinen Anhaltspunkt bietet, diese Endpunkte selbst aus den Gesetzen der Wirkungsreihen zu bestimmen. Das Einzige, was diese Kluft überbrücken kann, ist die weitere Ergründung der Combinationen, in denen unsere verallgemeinerten auf das Zwischenvolumen bezüglichen Gesetze ihre mit andern Ursachen zusammengesetzten Wirkungen bethätigen.

Drittes Capitel.

Wirkliches Gesetz der correspondirenden Siedetemperaturen an Stelle des Daltonschen Versuchs zu einem solchen.

1. In einem Entwicklungsstadium der Physik und Chemie, in welchem die Wärmemechanik, soweit etwas diesem Namen Entsprechendes in solider Weise vorhanden ist, gleichsam den vorgeschobensten Posten der Rationalität vorstellt, müssen alle Beziehungen zwischen Druck und Wärme nicht nur ein erhöhtes Interesse erhalten, sondern sich auch als Elemente eines Gesammtsystems erweisen, welches in seinen Grundzügen wenn auch nicht vollendet so doch schon absehbar ist. Was wir im vorigen Capitel als wahres Zusammendrückungsgesetz der Gase darlegten, bekundete sich in seinem umfassenderen Sinne nur als eine Art und Weise, wie die Spannkraft der Wärme innerhalb des Molecülsystems je nach den räumlichen und Druckverhältnissen wirkt. Das Gesetz der Ausdehnung und Spannung durch die Wärme erwies sich als mehr als ein Bestandtheil, ja sogar als mehr als selbst ein integrirender Bestandtheil des Zusammendrückungsgesetzes. Es zeigte sich, dass die mechanische Druckwirkung der Wärme in den Gasen der allgemeine Ausgangspunkt für alles Uebrige sein muss, und dass die äussere Druckwirkung bei gleicher Temperatur nur ein besonderer Fall von der Art ist, wie sich die Spannkraft der Wärme nach innern Gesetzen des mechanischen Molecülsystems bethätigt. Wir erhalten nun in dem darzulegenden neuen Gesetz, welches einen einfachen Zusammenhang zwischen den sich bei den verschiedenen Substanzen entsprechenden Siedetemperaturen und Siededrucken feststellt, wiederum einen Aufschluss über die Druckwirkung der Wärme;

denn im Sieden wird im Innern der Flüssigkeit der dorthin fortgepflanzte äussere Druck durch die sich zwischen den Molecülen bethätigende Spannkraft der Wärme überwunden, und die Spannung der gesättigten Dämpfe in Vergleichung mit der zugehörigen Siedetemperatur ist eine der bedeutsamsten Thatsachen nicht etwa blos für das Verhalten der Gase, sondern auch für dasjenige der Flüssigkeiten, deren wahre Gesetze im letzten Grunde nur quantitativ veränderte Wirkungsgestalten der für die Gase gültigen Principien sein können. Auf der Möglichkeit, letztere Brücke von dem einen Aggregatzustand zum andern in solider Weise zu schlagen, beruht die fundamentale Bedeutung und universelle Tragweite aller Spannungsgesetze der Wärme. Die Kluft, welche zwischen verschiedenen Hauptthatsachen der Physik und Chemie bisher gähnte, wird hienach am erfolgreichsten an denjenigen Stellen überbrückt werden, wo die allgemeinsten Druckgesetze der Wärme zugleich für die beiden, einander am nächsten verwandten Aggregatzustände in Frage kommen. Die gesättigten Dämpfe bilden das Zwischenglied zwischen der Flüssigkeit und den noch zusammendrückbaren Zuständen der Dämpfe und Gase. Dieser gasförmige Uebergangszustand ist daher von besonderer Art und muss der Schlüssel zu neuen Grundbeziehungen werden.

Der geniale Begründer der atomistischen und erst hiemit rationellen Chemie, John Dalton, hatte sich am Anfang unseres Jahrhunderts sehr angelegentlich darum bemüht, eine Beziehung zwischen den Temperaturen aufzufinden, welche gleichen Maximalspannungen der Dämpfe bei verschiedenen Substanzen entsprechen. Gestützt auf die Beobachtung an einigen Stoffen hatte er sich vorgestellt, dass es bei gleichen Temperaturentfernungen vom Siedepunkt wäre, wo die gesättigten Dämpfe bei den verschiedenen Flüssigkeiten gleiche Spannung hätten. Diese vorläufige Vorstellung hätte ihm selbst nicht mehr genügen können, sobald er Fälle bemerkt hätte, in denen der Temperaturabstand von den bei irgend einem gleichen Druck für zwei Substanzen bestimmten Siedepunkten bis zu irgend einer andern gleichen Spannung hin augenscheinlich nicht mehr der gleiche ist. Auch würde es ihm nicht schwer gefallen sein, bei genauer Aufmerksamkeit und nach Beschaffung von mehr Thatsachen das wahre Gesetz der den gleichen Maximaldrucken der verschiedenen Dämpfe entsprechenden Temperaturabstände zu entdecken. Es ist jedoch ein anderer Weg gewesen, den die Angelegenheit ge-

gangen ist. Dalton selbst hatte seine Vorstellung zunächst als ein Gesetz hingestellt, hinterher aber seine allgemeine Annahme selbst wieder in Frage gestellt. Nach nunmehr drei Vierteljahrhunderten bringen die Lehrbücher der Physik und der Chemie noch immer unter dem Namen eines Daltonschen Gesetzes den Satz von den gleichen Temperaturentfernungen vor, obwohl inzwischen ausgiebig genug festgestellt worden ist, dass dieser Satz mit Ausnahme von ein paar Substanzen auch nicht einmal annähernd zutrifft. Es ist eine seltsame Art, Gesetze zu formuliren, denen sofort beigefügt werden muss, dass sie mit den Beobachtungen nichts weniger als stimmen. Im Falle des Daltonschen sogenannten Gesetzes weichen die Thatsachen derartig stark ab, dass blosse Abänderungen der leitenden Vorstellung gar nichts helfen können, und dass daher das vermeintliche Gesetz, wie es sich in der Tradition erhalten hat, durch die umfassender beobachteten Thatsachen widerlegt ist. Die Gleichheit der Temperaturabstände war der Grundgedanke, von dem Dalton ausging, der sich aber nicht einmal bei ihm selbst so zu fixiren vermochte, wie ihn die spätere starre Ueberlieferung der Satzformel in den Lehrbüchern äusserlich festgehalten hat.

Was Dalton in der gekennzeichneten Richtung gethan hat, ist eben nur ein Versuch, aber ein Versuch gewesen, wie er eines solchen Denkers würdig war. An der Daltonschen Vorstellung ist wenigstens soviel richtig, dass ein einfaches Gesetz vorhanden sein und sich in einfacher Weise unmittelbar auf den Temperaturabstand beziehen muss. Dies lässt sich nunmehr nach der vollständigsten Lösung des Daltonschen Problems wissen, wurde aber ursprünglich und bisher durch die irreleitende Voraussetzung der Gleichheit oder einer blossen Modification dieser Gleichheit ausser dem Gesichtskreise gehalten. Die Aufgabe konnte daher nur gelöst werden, indem sie als eine gänzlich neue auf Grund des gesammten Beobachtungsmaterials ohne jede vorgefasste Meinung in Angriff genommen wurde. Von der Daltonschen Ueberlieferung blieb nur das Vertrauen maassgebend, es müsse sich hier überhaupt ein einfaches Gesetz finden lassen. Soweit ich die physikalische und chemische Literatur kenne, hat bisher Niemand eine Lösung geliefert. Wohl aber haben es sich Einzelne, unter Entfaltung von vieler Experimentalgelehrsamkeit, angelegen sein lassen, nachzuweisen, dass ein Gesetz über die fraglichen Beziehungen überhaupt nicht werde aufgefunden werden

können. Solche abschreckende Prophetie, welche der Erkenntniss einheitlicher und einfacher Gesetzmässigkeiten die Thore so voreilig schliesst, hat jedoch keine Wirkung auf diejenigen, welche das Gepräge des Naturverhaltens nicht nach dem anscheinenden Chaos unverstandener Thatsachen aufgreifen, sondern nach den Nothwendigkeiten der Sachlogik aus seiner Verhüllung bloslegen und begreifen.

Uebrigens ist es nicht unmittelbar für mich selbst, dass ich das darzulegende neue Gesetz in Anspruch zu nehmen hätte. Mein Verdienst ist dabei nur ein indirectes, insofern es die wissenschaftliche Bildung und Leitung meines schon im vorigen Capitel erwähnten Sohnes Ulrich betrifft, der, jetzt im sechzehnten Lebensjahr stehend, noch keine, weder niedere, noch höhere Schule besucht, ja überhaupt keinen andern Unterricht als von mir erhalten hat. Er ist der Auffinder des von Dalton vergebens gesuchten Gesetzes, und ich hätte auch seine eigne Darstellung und Nachweisung der neuen Wahrheit und der nächsten zugehörigen Folgerungen an Stelle dieses dritten Capitels veröffentlichen können, wenn nicht das Publicum in einer Schrift, die ausschliesslich meinen Namen trägt, nicht blos die Einsetzung meiner Verantwortlichkeit, sondern auch meine eigne Darlegungsart zu fordern berechtigt wäre. Ausserdem musste die Rücksicht auf die Einheitlichkeit von alledem, was in dieser Schrift niedergelegt ist, entscheidend sein. Die Systematik und die weiteren Beziehungen für das Ganze der Physik und Chemie sind von vornherein mein Augenmerk gewesen und erstrecken sich in meiner Darstellungsart auch auf die sonst in ihrem Werthe weniger sichtbaren Folgerungen zweiter Ordnung, wie sie sich namentlich an das jetzt unsern Gegenstand ausmachende Gesetz knüpfen lassen.

2. So einfach das neue Gesetz an sich ist, so erfordert doch das Verständniss seiner Wortformulirung mehr Aufmerksamkeit, als wenn man sogleich zu dem äusserst elementaren symbolischen Ausdruck der in ihm enthaltenen arithmetischen Beziehung übergeht. Dennoch wollen wir, theils um seinen Sinn unabhängig von besondern Quantitäten hervorzuheben, theils um eine unmittelbare Vergleichung mit dem Daltonschen Satze sofort möglich zu machen, unserer natürlichen Methode gemäss, die Wortformulirung auch diesmal voranstellen. Von den Siedepunkten beliebiger Substanzen, wie sie für irgend

einen für alle gemeinsamen Druck als Ausgangspunkte gegeben sein mögen, sind bis zu den Siedepunkten für irgend einen andern gemeinsamen Druck die Temperaturabstände sich gleich bleibende Vielfache voneinander. Dieser Satz drückt Alles aus, was in dem Gesetz enthalten, obwohl nicht Alles, was zur Veranschaulichung und Anwendung seines Sinnes und zur grössern Bequemlichkeit der Handhabung erforderlich ist. Hiefür müssen wir zunächst einen Stoff, etwa das Wasser, und zwar ganz ähnlich, wie bei der Vorstellung der specifischen Gewichte, zum Beziehungsgegenstand machen. Nehmen wir also den Siedepunkt des Wassers etwa bei einer Atmosphäre zum Ausgangspunkt der Zählung der Temperaturabstände bis zu den Siedepunkten für beliebige andere Drucke, so wird die so gemessene Temperaturentfernung jedesmal die Grösse sein, welche mit einem specifischen Factor zu multipliciren ist, um die den gleichen Drucken entsprechende Temperaturentfernung für die andere Substanz zu finden. Jener specifische Factor, der, ähnlich wie das specifische Gewicht, für jeden Stoff ein anderer ist, aber zwischen zwei beliebigen Stoffen auch unmittelbar das Verhältniss der Temperaturabstände ausdrücken muss, könnte kurzweg der specifische Siedepunkt oder wenigstens die specifische Entfernung der Siedepunkte heissen. Von diesen specifischen Verhältnissen der Siedetemperaturen bei gemeinsamen Druckabständen hatte Dalton keine Vorstellung; nach ihm sollten diese Temperaturentfernungen gleich sein. Letzteres kann aber nach unserm Gesetz nur ausnahmsweise zwischen einzelnen Substanzen da statthaben, wo diese Substanzen unter sich gleiche specifische Factoren aufweisen.

Will man den Ausdruck des Gesetzes von den besondern Vorstellungen ablösen, die man gewohnheitsmässig an den Begriff des Siedepunkts knüpft, so kann man auch ganz einfach von den Maximalspannungen der Dämpfe reden. Diese Maximalspannungen sind ja diejenigen, welche die Grenze zwischen der Dampfform und der Flüssigkeitsform bilden. Sie sind aus jedem Druckzustande des Dampfes erreichbar und haben daher für ihre Entstehung ein Sieden nicht zur nothwendigen Voraussetzung, obwohl sie stets den Siededruck haben müssen und sich nicht von denen unterscheiden, die unmittelbar durch das Sieden entstanden sind. Es gilt hienach für die maximal gespannten oder, mit andern Worten, für die gesättigten Dämpfe ver-

schiedener Stoffe das Gesetz, dass von einer gemeinsamen grössten Spannung bis zur andern die entsprechenden Temperaturdistanzen zueinander im Verhältniss specifischer, sich gleichbleibender Factoren stehen. Die gesättigten Dämpfe aller Flüssigkeiten haben also gemeinsame Spannungen nicht, wie Dalton wollte, bei gleichen, sondern bei specifisch vervielfachten Temperaturentfernungen. Kehrt man die Vorstellungsart um, indem man, was freilich im Allgemeinen nicht zweckmässig wäre, von den Temperaturen ausgeht, so kann man sich auch dahin ausdrücken, dass die Wirkung der Temperaturänderung auf die Grösse der entsprechenden Maximalspannung bei verschiedenen Stoffen nur dann gleich ist, wenn nicht in gleichen sondern in gleichwerthigen Temperaturintervallen fortgeschritten wird. Zwei Grade Distanzvermehrung können auf diese Weise einem Grade in Beziehung auf den Druckunterschied so zu sagen äquivalent sein. Nur darf man hiebei nicht übersehen, dass die entsprechenden gemeinsamen Druckabstände in ihrem eignen Fortschreiten nicht etwa, auch nur im Entferntesten, den Temperaturen proportional wachsen. Nothwendigerweise bestimmen sich die Maximalspannungen, wenn auch nach einfachen Grundgesetzen, so doch nach einer complicirteren Anwendung derselben, — ein Punkt, der uns jedoch hier nicht näher angeht.

Eine sehr einfache Veranschaulichung unseres Gesetzes lässt sich am Beispiel von Wasser und Quecksilber geben. Der Siedepunkt des Wassers bei Normaldruck, also + 100 ° C., wird hier der Ausgangspunkt der Zählung. Das Quecksilber siedet unter einer Atmosphäre Druck bei + 357 ° C.; man wird also die Temperaturdistanz, die mit derjenigen bei dem Wasser zu vergleichen ist, von diesem Punkte an ab- oder aufsteigend zu zählen haben. Greift man nun beispielsweise die Siedetemperaturen beider Stoffe bei 100 ^{mm} Druck heraus, so hat man für Wasser + 52° und für Quecksilber + 261 °. Die den gemeinsamen Drucken entsprechenden Temperaturabstände sind also 100 — 52 = 48 und 357 — 261 = 96, ihr Verhältniss aber $\frac{96}{48}$ = 2. Nimmt man hiezu noch den Fall für 30 ^{mm}, so sind die Siedepunkte für diesen Druck beziehungsweise 29 und 215, die Temperaturabstände also 71 und 142, mithin wiederum 2 der specifische, sich hiemit als constant anzeigende Factor. Die folgende Tabelle, die nach Maassgabe der Regnaultschen Beobachtungen

über die Maximalspannungen der Dämpfe entworfen ist, zeigt eine Constanz des specifischen Factors, wie sie nur irgend Angesichts der möglichen Beobachtungsfehler erwartet werden kann.

Dampfspannung in Millimetern	Entsprechende Temperatur für Wasserdampf (t)	Entsprechende Temperatur für Quecksilberdampf (t')	Specifischer Factor $q = \frac{t' - 357{,}2}{t - 100}$
5	1,2°	154,4°	2,05
30	29,1	214,5	2,01
100	51,7	261,2	2,00
380	81,7	321,4	1,98
760	100,0	357,2	—
1520	120,6	397,2	1,94
2280	134,0	422,8	1,93
3040	144,0	442,4	1,94
3800	152,2	458,2	1,95
7600	180,3	512,7	1,95

Es handelte sich in dieser Tabelle darum, nicht etwa zu bestimmten Temperaturen die Drucke, sondern umgekehrt zu einer Reihe von Drucken die Temperaturen aufzustellen. Die in der Skala maassgebenden Zahlen mussten also die der Drucke sein, und um hier abgerundetere Zahlen geben zu können, waren die Regnaultschen Angaben für kleine Abweichungen durch Interpolation zu ergänzen. Wo die beiden Ausgangspunkte der Zählung in der Tabelle mitaufgenommen sind, musste sich in Ermangelung wirklicher Temperaturdistanzen als specifischer Factor die arithmetische Formel $\frac{0}{0}$ ergeben, die bekanntlich an sich jeden Werth vertreten kann und im speciellen Falle den in der unmittelbarsten Nachbarschaft durch unbeschränkt kleine Grössen vertretenen Quotienten, also hier den specifischen Factor auch für die kleinste Druckdifferenz andeutet. Im Spielraum von 5 Millimetern bis zu 10 Atmosphären ist hiemit für Wasser und Quecksilber nicht blos die Veranschaulichung, sondern auch der Nachweis eines constanten specifischen Factors geliefert. Die unerheblichen Abweichungen werden am geringsten, wenn man diesen Factor für die verschiedenen Positionen genau gleich 2 setzt. Es bedeuten also zwei Grade oder beliebig kleine Grad-

theile für ein Druckintervall der Siedepunkte bei dem Quecksilber ebensoviel, wie für das gleiche und gemeinsame Druckintervall bei dem Wasser ein Grad oder Gradtheil. Für jede zwei Stoffe besteht nun ein entsprechendes Verhältniss, und wenn wir alle Stoffe auf Wasser beziehen, so erhalten wir in den zugehörigen Zahlen der specifischen Factoren ein System charakteristischer Constanten, deren sachlicher Sinn um so wichtiger ist, als diese Constanten von Druck und Temperatur unabhängig nur den Einfluss der eigenthümlichen jedenfalls aber mechanisch zu verstehenden Constitution der jedesmaligen Substanz ausdrücken.

3. Der symbolische Ausdruck der arithmetischen Beziehung, in der sich unser Gesetz bekundet, nimmt eine verschiedene Gestalt an, je nachdem man den Ausgangspunkt der Zählung bei dem Wasser entweder bei Normaldruck oder aber in Anpassung an den gewöhnlichen Nullpunkt der Temperatur bei demjenigen Druck wählt, bei welchem Wasser von 0^0 siedet. Wenn nun unter diesem letzteren Druck, der 4,6 ^{mm} beträgt, eine beliebige andere Substanz bei r^0 siedet, so entspricht jeder Temperatur t, bei welcher Wasser unter irgend einem andern Druck siedet, unter eben diesem andern Druck bei dem andern Stoff eine Siedetemperatur $t' = r + qt$. Diese letztere Gleichung drückt unter der angegebenen Zählungsvoraussetzung das Gesetz in sehr bequemer Weise aus. Will man jedoch eine formell recht allgemeine, von bestimmten Zählungspunkten unabhängige Fassung haben und dabei auch die bestimmte Beziehung auf Wasser ausmerzen, so gilt für zwei beliebige Stoffe, die für irgend einen beliebigen Druck die Siedetemperaturen ϑ und ϑ', für irgend einen andern Druck aber die Siedetemperaturen t und t' haben, ohne Weiteres die Gleichung $\frac{t' - \vartheta'}{t - \vartheta} = q$, wobei q nichts Anderes als einen Quotienten bedeutet, der sich mit ϑ und t sowie den zugehörigen ϑ' und t' nicht verändert. Hienach kann man die Differenz zwischen ϑ und t auch unbeschränkt klein wählen und hat daher $\frac{dt'}{dt} = q$ oder auch $\frac{d\vartheta'}{d\vartheta} = q$. Die kleinsten Anwachsungen der Temperaturen zeigen und zwar nicht etwa mit blos differentieller Annäherung, sondern eben für jegliche Differenz dasselbe beständige Verhältniss.

Zählt man die Drucke und entsprechenden Temperaturen

von einer Atmosphäre aus, so sind in der Formel $\frac{t' - \vartheta'}{t - \vartheta} = q$ die Bezeichnungen ϑ und ϑ' die dem Normaldruck entsprechenden Temperaturen. Setzt man für die eine Substanz das Wasser, so hat man $\frac{t' - \vartheta'}{t - 100} = q$ und hieraus $t' = \vartheta' - 100q + qt$. Da der letzte Ausdruck auch für jeden andern Siedepunkt des Wassers gilt, wenn man ihn statt 100 einsetzt und von dem entsprechenden Druck anstatt von dem Normaldruck zählt, so geht die Formel für den Siedepunkt des Wassers bei 0^0 in $t' = \vartheta' + qt$ über, indem das Glied $100q$ durch seine Verwandlung in $0 \times q$ fortfällt. Diese Gestalt der Formel ist aber keine andere, als die schon oben angegebene $t' = r + qt$, nur dass die Siedetemperatur der andern Substanz, die dem Siededruck des Wassers bei 0^0 entspricht, das eine Mal mit r, das andere Mal mit ϑ' bezeichnet ist.

Um noch von einer andern Seite die Bedeutung des Gesetzes, für welches wir nunmehr zu dem Wortausdruck auch die symbolische Formel in einfachster Weise vor uns haben, in das rechte Licht zu stellen, sei daran erinnert, dass man anstatt der Vorstellungen vom Siedepunkt der Flüssigkeiten oder von den Spannungen gesättigter Dämpfe auch den gleichwerthigen Gesichtspunkt von Condensationspunkten wählen kann. Das Gesetz formulirt alsdann das Verhältniss der Entfernungen der Condensationstemperaturen, die zu gleichen Condensationsdrucken gehören. Obwohl hiemit in der Sache nichts verändert wird, so legt doch diese Auffassung die Beziehungen nahe, welche die zusammengehörigen Drucke und Temperaturen bei den Condensationspunkten als Endergebnisse einer Reihe von vorgängigen allmäligen Einwirkungen haben müssen. Doch ist es zunächst nicht unsere Aufgabe, auch hier die Folgen der Ersatzprincipien der Mariotteschen und der Gay-Lussacschen Aufstellung sichtbar zu machen, sondern es ist vor allen Dingen das neue Gesetz selbst in seiner erfahrungsmässigen Thatsächlichkeit an verschienen Stoffen vorzuführen.

4. Wie für Wasser und Quecksilber eine Veranschaulichung und zugleich ein specieller Nachweis des Zutreffens des Gesetzes für den bestimmten Fall geliefert wurde, so soll nun die sich überall bestätigende und nachher für einige vierzig Substanzen

darzulegende Geltung des Gesetzes durch Nebeneinanderstellung der berechneten und der beobachteten Temperaturen an den vier Stoffen Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff und Aethyljodid sichtbar gemacht werden. Bei dem Aether ist der specifische Factor, wenn er auf Wasser bezogen wird, grade 1 und besteht also zwischen ihm und Wasser die Gleichheit der Temperaturdistanzen, wie sie sich Dalton allgemein für alle Stoffe vorstellte. Dieser ausnahmsweise zutreffende Fall, den Dalton auch an die Spitze stellte und durch den er besonders veranlasst wurde, seine auf vereinzelte Thatsachen passende oder wenigstens nahezu passende Vorstellung zu einem allgemeinen Gesetz zu erweitern, zeigt, dass der Daltonsche Satz als blosse Specialgestaltung für einzelne Substanzen in unserm Gesetz mitbegriffen ist. Der Aether ist aber unter den mehr als vierzig Substanzen, für welche wir die specifischen Factoren berechnet haben, das einzige Beispiel, in welchem der Factor wirklich 1 wird. Ausserdem sind noch ein paar Fälle ziemlicher Annäherung an diesen Werth vorhanden. Hienach ist klar, wie Dalton grade durch solche Versuchsthatsachen bestimmt wurde, die am ehesten von dem Sachverhalt ablenken konnten.

Die in der dritten Spalte der folgenden Tabellen aufgestellten Temperaturen sind nach der vorher erklärten Formel $t' = \vartheta' + qt$ berechnet, die in ihrer Zahlengestaltung über die Columne gesetzt ist.

Alkohol.

Dampfspannung in Millimetern	Entsprechende Temperatur für Wasserdampf (t)	Berechnete Temperatur für Alkoholdampf $-12{,}14^0 + 0{,}904\,t$	Beobachtete Temperatur für Alkoholdampf (t')
219,88	68,66°	50,13°	50°
350,26	79,69	60,10	60
541,21	90,81	69,95	70
812,76	101,89	79,97	80
1188,33	113,00	90,01	90
1694,92	124,08	100,03	100
2361,63	135,11	109,98	110
3219,68	146,08	119,97	120

Aether.

Dampfspannung in Millimetern	Entsprechende Temperatur für Wasserdampf (t)	Berechnete Temperatur für Aetherdampf $-65{,}03^0 + 1{,}000\,t$	Beobachtete Temperatur für Aetherdampf (t')
286,40	74,82°	9,79°	10°
433,26	85,01	19,98	20
636,33	95,11	30,08	30
909,59	104,91	39,88	40
1271,12	115,04	50,03	50
1728,52	124,70	59,67	60
2307,81	134,32	69,29	70
3024,41	143,81	78,78	80

Schwefelkohlenstoff.

Dampf-spannung in Millimetern	Entsprechende Temperatur für Wasserdampf (t)	Berechnete Temperatur für Schwefelkohlenstoffdampf $-64{,}90^0 + 1{,}111\,t$	Beobachtete Temperatur für Schwefelkohlenstoffdampf (t')
131,98	57,44°	— 1,09°	0°
203,00	66,85	+ 9,37	10
301,78	76,07	19,61	20
436,97	85,23	29,79	30
616,99	94,28	39,85	40
856,71	103,37	49,81	50
1163,73	112,36	59,80	60
1551,84	121,25	69,68	70
2033,77	130,03	79,44	80
2622,23	138,74	89,12	90

Aethyljodid.

Dampfspannung in Millimetern	Entsprechende Temperatur für Wasserdampf (t)	Berechnete Temperatur für Aethyljodiddampf $-38{,}84^0 + 1{,}101\,t$	Beobachtete Temperatur für Aethyljodiddampf (t')
41,95	35,05°	— 0,25°	0°
69,20	44,39	+ 10,03	10
110,02	53,61	20,17	20
169,07	62,77	30,27	30
251,43	71,78	40,18	40
364,30	80,63	49,93	50
512,25	89,39	60,18	60

Die Beobachtungsdaten der vorangehenden vier Tabellen sind nach den Regnaultschen Ergebnissen für den hier obwaltenden Zweck von meinem Sohn zusammengestellt. Von dem Letzteren sind auch die Berechnungen vermittelst derjenigen specifischen Factoren vorgenommen, die sich in mittleren Werthen bei Berücksichtigung aller Temperaturdistanzen der fraglichen Positionen herausstellten. Die Abweichungen der berechneten von den beobachteten Temperaturen sind, wie die Tabellen zeigen, äusserst geringfügig. Nur bei den niedrigsten Drucken werden für Alkohol und Aether die Unterschiede beachtenswerth, erklären sich aber sehr leicht aus der beträchtlichen Wirkung, die bekanntlich schon die geringste fremde Beimischung bei diesen Substanzen auf die niedern Dampfspannungen hervorbringt. Hienach ist das Gesetz nunmehr zwischen den Dämpfen von einem halben Dutzend Substanzen, einschliesslich von Wasser und Quecksilber, in einer Weise bestätigt, die uns verbürgt, dass es sich auch überall sonst als zutreffend erweisen werde.

5. Die Tragweite, welche unser Gesetz für die Berechnungen der Siedepunkte hat, wird recht deutlich, wenn man erwägt, dass für je zwei Substanzen nur zwei Paare von Siedepunkten, die zu gleichen Drucken gehören, erforderlich sind, um zu jeder beliebigen als Siedepunkt für irgend einen Druck vorausgesetzten Temperatur die eben diesem Druck entsprechende Siedetemperatur der andern Substanz zu ermitteln. Den Druck selbst, bei welchem die correspondirenden Temperaturen statthaben, braucht man nicht zu kennen. Hat man ihn aber für irgend einen Stoff, also etwa für das Wasser, so ist man mit der Reihe von Drucken und zugehörigen Siedetemperaturen bei diesem einen Stoff auch für alle übrigen im Stande, gleiche Reihen aufzustellen, sobald man nur für jeden Stoff die fraglichen paar Daten oder, was gleichviel bedeutet, einen Siedepunkt und den specifischen Factor kennt. Die folgende Tabelle setzt daher in den Stand, zunächst für jeden der in ihr aufgeführten 43 Stoffe zu einer beliebigen Siedetemperatur die correspondirende jedes andern Stoffes zu finden. Nimmt man aber noch eine Tabelle der Spannungen des Wasserdampfes hinzu, die mit Zuverlässigkeit von 0,32 Millimeter bis etwa zu 25 Atmosphären zur Verfügung stehen, so kann man im Spielraum dieser Drucke auch für jeden andern Stoff den zu einer gegebenen Temperatur gehörigen Siededruck auffinden, indem man zuerst die für Wasserdampf

correpsondirende Temperatur berechnet und dann den zugehörigen Druck aus der Tabelle entnimmt. Uebrigens liesse sich mit Hülfe des Gesetzes selbst der Spielraum für die Reihe der Drucke für alle Stoffe und also auch für das Wasser soweit ausdehnen, als er überhaupt für einzelne Substanzen bekannt ist. So kennt man den Quecksilberdampf schon von 0,02 Millimeter an und reicht mit der Kohlensäure bis über 100 Atmosphären hinaus. Man würde also innerhalb dieser Weite auch eine Wasserdampftabelle berechnen und hienach wiederum Siededruck und Siedetemperatur der circa 40 Stoffe vollständig bestimmen können. Aber auch wenn man von einer solchen Erweiterung absieht, ist doch schon das, was auf Grund der sichersten Beobachtungen aufgestellt werden kann, von grossem Umfang und weitreichendem praktischen Werth.

Die folgende Tabelle giebt für die Substanzen, die nach ihren nebenstehenden, für eine Atmosphäre geltenden Siedepunkten geordnet sind, die aus den Beobachtungen berechneten specifischen Factoren. Bezüglich der Angabe der Siedepunkte von Monobromphenol und Glycerin ist zu bemerken, dass sie, mit Rücksicht auf die durchgängige Einrichtung der Tabelle, auf eine Atmosphäre bezogen und so für die Berechnungen in den tiefern Drucken auch brauchbar sind, aber insofern etwas Hypothetisches an sich haben, als bereits unterhalb einer Atmosphäre die Zersetzung dieser beiden Stoffe beginnt.

Tabelle der specifischen Factoren.

Substanz	Siedepunkt bei einer Atmosphäre	Specifischer Factor (q)
Aethylen	— 110,00° C.	0,750
Stickoxydul	— 88,06	0,58389
Chlorwasserstoff	— 80.31	0.608
Kohlensäure	— 78.20	0.52211
Bromwasserstoff	— 73,33	0,604
Schwefelwasserstoff	— 61.66	0.750
Chlor	— 33,51	0,627

Substanz	Siedepunkt bei einer Atmosphäre	Specifischer Factor (q)
Ammoniak	— 32,59° C.	0,750
Jodwasserstoff	— 32,40	0,750
Methylchlorid	— 23,73	0,86818
Methyläther	— 23,65	0,91392
Cyan	— 20,70	0,750
Schwefelige Säure	— 10,08	0,800
Aethyl	— 2,00	0,800
Aethylchlorid	+ 12,50	0,992
Cyanchlorid	12,66	0,86147
Borchlorid	18,23	1,02949
Aethyläther	34,97	1,000
Aethylbromid	38,37	1,042
Schwefelkohlenstoff	46,20	1,111
Aceton	56,30	1,09978
Siliciumchlorid	56,81	1,03101
Chloroform	60,16	1,100
Methylalkohol	66,78	0,86905
Aethyljodid	71,26	1,101
Phosphorchlorür	73,80	1,14364
Chlorkohlenstoff	76,50	1,090
Aethylalkohol	78,26	0,904
Benzol	80,36	1,125
Wasser	100,00	1,000
Ameisensäure	100,00	1,160
Essigsäure	119,50	1,164
Aethylenbromid	131,60	1,32810
Propionsäure	139,50	1,151
Terpentinöl	159,15	1,329
Buttersäure	161,70	1,228
Oxalsaures Methyl	164,20	1,22485
Valeriansäure	174,50	1,269
Citronenöl	174,80	1,37849
Monobromphenol	209,30	1,010
Glycerin	290,00	1,250
Quecksilber	357,25	2,000
Schwefel	448,40	2,29242

Wie man sieht, bewegen sich die auf Wasser bezogenen specifischen Factoren aller angeführten Stoffe zwischen 0,522 und 2,292, also in runder Angabe von der Hälfte bis über das Doppelte der zu Grunde gelegten Einheit.

Um zu gegebenen Temperaturen die Spannungen interpoliren und in einigem Spielraum über die Beobachtungen hinaus berechnen zu können, hat man sich aus den Daten für das Wasser sowie für die andern Substanzen die sich bei jedem Stoff verschieden gestaltenden Constanten einer rein empirischen Formel ermittelt, die zuerst von Biot entworfen sein soll. Es lässt sich nun die Grundgestalt der Biotschen Formel, nämlich $\log s = a - b\alpha^t - c\beta^t$, in welcher s die Spannung bezeichnet, mit den fünf Constanten durch Hinzunahme unseres Gesetzes derartig einrichten, dass sich aus den Constanten eines Stoffs, also etwa des Wassers, die aller andern Substanzen mit Hülfe der Werthe von r und q, d. h. mit Hülfe des Siedepunkts des jedesmaligen Stoffs bei 4,6 Millimeter und des specifischen Factors, ergeben müssen. Zunächst braucht man sogar für t nur seinen durch die entsprechende Temperatur der andern Substanz ausgedrückten Werth $\frac{t' - r}{q}$ einzusetzen, um ohne Weiteres an der empirischen Formel für die Spannungen des Wasserdampfes ohne Veränderung der Constanten auch zugleich eine Formel für alle andern Stoffe zu besitzen. Diese eine Formel von der Gestalt $\log s = a - b\alpha^{\frac{t' - r}{q}} - c\beta^{\frac{t' - r}{q}}$ mit ihren sieben Constanten gilt mithin für das Wasser und alle andern Stoffe. Wo man sonst so viele Formelgestaltungen mit besondern Constantenbestimmungen brauchte, als man Stoffe hatte, kann man jetzt mit einer Formel auskommen, und wo man sonst die speciellen Beobachtungen an jeder Substanz brauchte, um für sie die Constanten der empirischen Formel zu finden, reicht man jetzt mit den Beobachtungen der zusammengehörigen Spannungen und Temperaturen an einem einzigen Stoff aus und bedarf bei jedem andern Stoff nur derjenigen zwei Beobachtungen, die zur Ermittlung von r und q erforderlich sind. Recht sichtbar wird diese Abhängigkeit der Constanten, wenn man obige, durch die Einsetzung veränderte zunächst auf das Wasser bezogene Formel so umgestaltet, dass die Constantenbestandtheile des Exponenten abgelöst und mit den übrigen Constanten vereinigt werden. Es bleibt alsdann nur t' im Exponenten, und

wir können eine Gruppe von fünf neuen Constanten bilden, dergestalt dass, wenn man die so gewonnenen Werthe der Constanten für jede beliebige andere Substanz mit einem Strich bezeichnet, nunmehr $a' = a$, $b' = b\alpha^{\frac{-r}{q}}$, $c' = c\beta^{\frac{-r}{q}}$, $\alpha' = \alpha^{\frac{1}{q}}$ und $\beta' = \beta^{\frac{1}{q}}$ gesetzt werden darf. Führt man die so angedeuteten Umrechnungen der Wasserconstanten aus, so erhält man wiederum für jeden Stoff eine mit besondern Constanten versehene Formel. Diese Constanten sind aber andere, als die Ergebnisse der gewöhnlichen, an jedem Stoff selbständig angestellten und unter keine Einheit gebrachten Ansetzungen. In der Aufstellung der Constanten sind verschiedene Combinationen möglich, die alle ohne empirisch erhebliche Differenz dasselbe leisten. Aber die Einheit der Methode, welche unser Gesetz in die Aufstellungen bringt, hat den Vortheil, die Genauigkeit der Beobachtungen, die bei einem einzelnen Stoff besonders verbürgt ist, auch den übrigen Stoffen zu Gute kommen zu lassen.

Um ein Beispiel davon zu geben, wozu die angegebene Umrechnung der Constanten führt, wenn man von den Beobachtungen am Wasserdampf ausgeht, folgen hier die Ergebnisse für ein halbes Dutzend Substanzen. Die Constante a' muss bei dieser Methode immer gleich genommen werden, da für ein unbeschränkt vergrössertes t' die beiden andern Glieder der Formel verschwinden. Sie ist daher gleich in die als Ueberschrift vorangestellte Formel mit ihrem für alle Substanzen gemeinsamen Werth 6,2640348 aufgenommen.

Tabelle der neuen Spannungsconstanten in deren Logarithmen.

$$\log s = 6{,}2640348 - b'\alpha'^{t'} - c'\beta'^{t'}$$

Substanz	$\log (b'\ \alpha'^{t'})$	$\log (c'\ \beta'^{t'})$
Schwefelwasserstoff	0,3575509 — 0,0021415 t'	8,9364576 — 10 — 0,0079343 t'
Ammoniak . . .	0,4216822 — 0,0021415 t'	9,1670958 — 10 — 0,0079343 t'
Aethyläther . . .	0,5516195 — 0,0016561 t'	9,6337883 — 10 — 0,0059507 t'
Aethyljodid . . .	0,6008898 — 0,0015042 t'	9,8177358 — 10 — 0,0054133 t'
Wasser	0,6593123 — 0,0016561 t'	0,0207601 — 0,0059507 t'
Quecksilber . . .	0,7895229 — 0,0008280 t'	0,4686338 — 0,0029753 t'

Da die hier als Ausgangspunkt genommene Regnaultsche Constantenansetzung für Wasserdampf nur von einer Atmosphäre hinauf unmittelbare Verwendung finden sollte, so sind die niedern Drucke bis zu 0,32 Millimeter hinab nur als Annäherungsberechnungen zu betrachten. Diese Annäherungen sind aber derartig hinreichend, dass sich von unserer letzten Tabelle behaupten lässt, sie liefere im Spielraum von $\frac{1}{3}$ Millimeter bis zu 50 Atmosphären zuverlässige Anhaltspunkte. Besonders ist noch hervorzuheben, dass die bei Wasserdampf über 25 Atmosphären hinaus nicht beobachteten, sondern nach der empirischen Formel berechneten Spannungen nach Maassgabe unseres Gesetzes an den für die Kohlensäure wirklich beobachteten Maximaldrucken eine Controle erfahren konnten, durch welche sich die empirische Berechnung bis zu 50 Atmosphären bestätigt. Derartige gegenseitige Controlen und Ergänzungen des Beobachteten und Nichtbeobachteten liessen sich früher gar nicht ausführen. Unser Gesetz selbst aber bewährt sich so auch im Speciellen, nämlich in den Werthen der einzelnen specifischen Factoren durch die mannichfaltig erprobten Uebereinstimmungen. In der That hätte ich auch das tabellarische Material aus blosser Rücksicht auf praktischen Gebrauch im Zusammenhang dieser Schrift nicht einmal bis zu dem mässigen Umfang ausgedehnt, in welchem es hier vorgeführt ist. Die Bewahrheitung des Grundgesetzes war das Hauptaugenmerk, und für sie dürfte im Hinblick auf die Gesammtheit und den Zusammenhang der untersuchten und erprobten Thatsachen wohl Mehr nicht zu fordern sein.

6. Der durch die Beobachtungen festgestellte specifische Factor ist eine Grösse, deren rationelle Ableitung auf den Ausdehnungs- oder vielmehr Spannungscoefficienten führt. Einiges hiezu mag hier platzfinden, obwohl diese Schrift, die als erste Folge von weiteren Veröffentlichungen nicht alle, erst zu entwickelnden Lehren und namentlich nicht alle chemischen Vertiefungen vorwegnehmen kann, durchaus nicht die Aufgabe hat, die Begründungen des als gültig nachgewiesenen Neuen in jeder Beziehung zu beleuchten.

Für etwa ein Dutzend Stoffe, zu denen aber das Wasser nicht gehört und bei denen daher der halbe specifische Factor des Quecksilbers, der ja auch 1 ist, als sachliche Einheit genommen werden kann, besteht die Beziehung $q = \frac{275 + t}{316}$. Hiebei

ist 316 die Hälfte von 275 + 357, also die Hälfte der um den umgekehrten Ausdehnungscoefficienten vermehrten Siedetemperatur des Quecksilbers bei Normaldruck. Im Zähler des Bruchs steht ein entsprechender Ausdruck; denn t bezeichnet hier den Normalsiedepunkt irgend einer andern der fraglichen Substanzen. Man kann daher diese Beziehung auch so ausdrücken: Die specifischen Factoren stehen bei einer Anzahl von Stoffen im Verhältniss der sogenannten absoluten Temperaturen entsprechender, d. h. zu gleichen Spannungen gehöriger Siedepunkte. Solche Stoffe sind Quecksilber, Schwefel, Chlorwasserstoff, Bromwasserstoff, Jodwasserstoff, Stickoxydul, Chloroform, Siliciumchlorid, Chlorkohlenstoff, Benzol und noch einige andere, die sich vermehren würden, sobald nur die erforderlichen Beobachtungen zur Verfügung ständen.

Die gekennzeichnete Beziehung, durch welche sich die specifischen Factoren aus je einem entsprechenden Siedepunkt berechnen lassen, während sonst je zwei dazu erforderlich sind, — diese auf den ersten Blick interessante Beziehung wird in der That bedeutsam, sobald man sie durch etwas Allgemeineres ersetzt, wovon sie nur ein Specialfall ist. Zunächst kann man in der Formel $q = \frac{275 + t}{316}$ für Cyan im Nenner 350 statt 316 setzen, also die Quecksilberconstante abändern, und hat alsdann, da der Normalsiedepunkt des Cyans — 20,7 ist, $q = 0{,}726$, was gut mit dem in der Tabelle angegebenen Werth stimmt. Dieselbe Constante 350 gilt auch für Aethyl und Methyl und bewährt sich in den Verbindungen. So ist sie beispielsweise für Cyanchlorid wegen des darin enthaltenen Chlors mit der für den Chlorwasserstoff maassgebenden von 316 und zwar derartig zu verbinden, dass die Summe 350 + 316 genommen und durch die Anzahl der den Stoff zusammensetzenden Radicale, hier also durch zwei, dividirt wird. Hienach haben wir 333 als Constante für Cyanchlorid und demgemäss, da der Normalsiedepunkt 12,66 ist, $q = 0{,}864$, was mit dem Werth in der Tabelle bis einschliesslich zur zweiten Decimale stimmt.

Wird für ein Radical A, welches in einer Verbindung m-fach enthalten ist, die Constante mit a und analog für ein n-fach vorhandenes Radical B mit b bezeichnet, so ist für den Stoff $A_m B_n$ die Constante $\frac{ma + nb}{m + n}$ zu nehmen. Ausser den schon angege-

benen Radicalconstanten kann bei der Verwerthung der angegebenen Formel noch für Hydroxyl 434, für Hydrothionyl 258 und für Oxalatyl (CO_2) 374 als Constante benutzt werden. Mit diesem Material ist man im Stande, die specifischen Factoren fast aller Stoffe, für die das in diesem Capitel entwickelte allgemeine Gesetz auf Grund guter Beobachtungen in Frage gekommen ist, durch eine mit Rücksicht auf die chemische Constitution angestellte Rechnung abzuleiten. Um Weiterungen zu vermeiden, möge ein einziges Beispiel genügen. Das Wasser, als Verbindung von Hydroxyl und Wasserstoff, ergiebt $\frac{434 + 316}{2} = 375$ als Constante, und, da 275 + 100 der Normalsiedepunkt in sogenannter absoluter Temperatur ist, so ergiebt sich der specifische Factor, wie es sein muss, gleich 1. Noch interessantere Beziehungen lassen sich aufdecken, sobald man die folgende neu einzuführende Lehre zu Hülfe nimmt, die aber an sich selbst und in andern Folgerungen bei Weitem am wichtigsten ist.

7. Diese Lehre ist die von einer Verdampfungsgrenze oder, mit andern Worten, von derjenigen Temperatur, unterhalb deren für einen Stoff auch bei Wegnahme jedes Druckes kein Sieden und demgemäss überhaupt keine Verdampfung mehr stattfindet. Es kann diesem Begriff zufolge eine Substanz unterhalb ihrer Grenze der Verdampfung nicht mehr in gasförmiger Aggregation existiren. Da auch im festen Zustande der Körper Verdampfung stattfinden kann, so wird jene Temperaturgrenze in sehr praktischen und sogar populär greifbaren Fällen recht bedeutsam. Wie vielerlei Atmosphären würden wir nicht erhalten, wenn alle Stoffe, die sich an der Oberfläche des Erdbodens befinden, die Eigenschaft hätten, bei gewöhnlicher Temperatur zu verdunsten! Wenn auf diese Weise die Kieselerde verdampfte, so müsste in unserer Atmosphäre auch der Sand einen Antheil an ihren gasigen Bestandtheilen haben, wovon aber nichts nachzuweisen ist. Fette Oele im reinen Zustande verdampfen bei gewöhnlicher Temperatur nicht. Kennte man nun für irgend eine Flüssigkeit die Verdampfungsgrenze mit hinreichender Genauigkeit, an der es freilich experimentell in Ermangelung von einschlagenden Untersuchungen noch fehlt, so würde man nur nöthig haben, vermittelst unseres Gesetzes die entsprechende Temperatur einer andern Substanz zu berechnen, um hiemit auch für diese die Verdampfungsgrenze zu erhalten. Zunächst lässt sich aber

durch unser Gesetz mindestens ein anderer Schluss vermitteln, nämlich der auf den Punkt, bei welchem die Grenze der Verdampfung noch nicht eingetreten ist. Kennt man einen solchen Punkt in tiefer Lage für irgend einen Stoff, so kann man mit Hülfe des specifischen Factors einer andern Substanz auch für diese durch Feststellung der entsprechenden Temperatur ausmachen, dass die Verdampfung jedenfalls noch bis zu dieser Temperatur hinabreicht. Schwefel, der unter einer Atmosphäre Druck seinen Siedepunkt bei 448,4° C. hat, verdampft noch bei 15°. Nun ergiebt sich als die der letzteren Verdampfungsmöglichkeit bei dem Wasser entsprechende Temperatur — 89°, womit wir wissen, dass Eis von — 89° noch verdunstet. Wir können aber auch noch mehr wissen. Glycerin verdampft bei gewöhnlicher Temperatur, also bei etwa 15° nicht, und hieraus folgt eine correspondirende Temperatur des Wassers von — 120°. Bei dieser letzteren Temperatur muss die Spannung der Wasserdämpfe schon 0 d. h. es kann Wasserdampf überhaupt bei — 120° nicht mehr vorhanden sein. Die Verdampfungsgrenze muss sich daher bei dem Wasser innerhalb des Spielraums von — 89° und — 120° befinden.

Da die Angelegenheit der Verdampfungsgrenzen nur erst wenig durch directe Beobachtungen controlirbar ist, so müssen die indirecten Mittel der Theorie vorläufig aushelfen. Vorerst kann es zur gegenseitigen Erläuterung unseres neuen Gesetzes und des neuen Begriffs dienen, wenn wir die äusserst einfache Gestalt zeigen, die das Hauptgesetz unter Beziehung auf die Verdampfungsgrenzen annimmt. Die Verdampfungsgrenzen sind die absoluten Anfangspunkte des Siedens. Alle niedrigeren Temperaturen können für die betreffende Substanz keine Siedetemperaturen sein, auch wenn der Druck gleich Null gesetzt wird. Diese Grenztemperaturen wären also die natürlichen Ausgangspunkte der Gradzählung, und man kann demgemäss das Gesetz folgendermaassen formuliren. Die Temperaturabstände aller Siedepunkte von den Verdampfungsgrenzen stehen bei den verschiedenen Substanzen immer in einem constanten Verhältniss. In dieser Fassung ist allein der specifische Factor maassgebend, und es ist die Willkür ausgemerzt, die darin liegt, beliebige Siedepunkte, die zu einem beliebigen gleichen Druck gehören, herauszugreifen. An Stelle eines beliebigen Drucks ist der Nulldruck und sind

alle diejenigen Temperaturen zum Ausgangspunkt gemacht, bei denen das Sieden für die jedesmaligen Substanzen durch den geringsten Temperaturzusatz zum ersten Mal beginnt. Statt des gewöhnlichen Normaldrucks führen wir also die dem Nulldruck entsprechende Temperatur ein. Von diesem Nullpunkt des Siedens oder von diesem Siedepunkt für irgend einen unbeschränkt kleinen Druck wollen wir zunächst dazu Gebrauch machen, die obigen Beziehungen, aus denen q berechnet wurde, und die zugehörigen Constanten von der willkürlichen Annahme eines äussern Druckes zu befreien.

8. Die Verdampfungsgrenzen sind als correspondirende Siedepunkte der verschiedenen Substanzen zu betrachten. Wir setzen sie an die Stelle der Normalsiedepunkte. Alsdann verwandelt sich die oben angegebene Formel in eine Beziehung zwischen q und den Gradzahlen, ja, wenn man will, den sogenannten absoluten Temperaturen der Verdampfungsgrenzen. Die Formel $q = \frac{275+t}{316}$ oder $316q = 275 + t$ drückt aus, dass für den betreffenden Stoff $316q$ die Normalsiedetemperatur in sogenannter absoluter Zählung ist. Nehmen wir nun, wozu wir, wie sich zeigen wird, zureichende Gründe haben, die Verdampfungsgrenze des Wassers zu — 100° C. an, so dass also der Abstand vom Normalsiedepunkt 200° beträgt, so wird dieser Abstand bei einem beliebigen andern Stoff $200q$ sein. Verringern wir also die absolut gezählte Normalsiedetemperatur $316q$ um den Abstand $200q$, so erhalten wir die absolute Temperatur der zugehörigen Verdampfungsgrenze, also im Fall aller jener Stoffe, deren Constante 316 ist, $116q$, so dass $q = \frac{275-b}{116}$ wird, wenn $-b$ die in gewöhnlicher Zählung ausgedrückte Verdampfungsgrenze des zu q gehörigen Stoffes bezeichnet. Zur Reduction aller obigen Formeln auf die Verdampfungsgrenzen ist also nichts weiter nöthig, als im Nenner jedesmal 200 abzuziehen, möge nun die sich im Nenner befindende Constante eine ursprüngliche oder eine erst aus der Verbindung der Radicale gewonnene sein. Bezeichnet man der Kürze wegen $275-b$, also die sogenannte absolute Temperatur der Verdampfungsgrenze des zu q gehörigen Stoffes, mit g, so ist für die oben angegebene Specialclasse von Stoffen, deren wir zehn aufführten, und an deren Spitze sich

das Quecksilber befand, immer $q = \frac{g}{116}$, d. h. alle Verdampfungsgrenzen dieser Stoffe haben die Werthe $116q$ in absoluter Temperatur, wenn man für die verschiedenen q die betreffenden Zahlen einsetzt. So ergiebt sich beispielsweise die Verdampfungsgrenze des Quecksilbers zu 232° absoluter oder zu — 43° Celsiusscher Zählung. Da auch die Abstände von den Verdampfungsgrenzen bis zu beliebigen andern entsprechenden Siedepunkten im Verhältniss der specifischen Factoren stehen, so müssen für jene Specialclasse von Stoffen, bei denen die Verdampfungsgrenzen eben dieses Verhältniss haben, auch die Summen von Verdampfungsgrenzen und Abständen, also die absoluten Siedetemperaturen im Verhältniss der specifischen Factoren stehen, d. h. im Wachsen immer diese bestimmte Proportion beibehalten. Hiemit ist ein Grund für dieses schon oben dargelegte Specialgesetz aufgedeckt. Warum es in andern Fällen so nicht allgemein sein könne, lässt sich auf eine ähnliche Art nachweisen.

Durch die bereits angedeutete analoge Ableitung hat man für Hydroxyl $q = \frac{g}{234}$, für Hydrothionyl $q = \frac{g}{58}$ und für Oxalatyl $q = \frac{g}{174}$, wobei die verschiedenen g die zu den verschiedenen q gehörigen, in absoluter Temperatur ausgedrückten Verdampfungsgrenzen bezeichnen. Die Nenner dieser Brüche, also die zu dem jedesmaligen Radical gehörigen Constanten stehen in ganz einfachen Zahlenverhältnissen. Wenn demgemäss die Verdampfungsgrenze für Hydrothionyl, also $58\,q_1$ zum Ausgangspunkt genommen wird, so hat man für diejenige, die zu einem der Stoffe von der Specialclasse der oben genannten zehn etwa mit dem Factor q_2 gehört, $2.58\,q_2$. Für Oxalatyl hat man $3.58\,q_3$ und für Hydroxyl, mit einer unerheblich kleinen Abweichung $4.58\,q_4$. Hienach stehen die sämmtlichen fraglichen Verdampfungsgrenzen in Verhältnissen der durch die ersten ganzen Zahlen ausgedrückten Vielfachen der verschiedenen specifischen Factoren. Ueberdies bilden sich hiedurch neue Specialclassen, für deren Stoffe unter sich derselbe Satz wie bei den oben angeführten zehn gilt, was wir jedoch nicht etwa wegen der sogenannten absoluten Temperatur an sich selbst, sondern wegen der darin eingehüllten Be-

ziehung zum Ausdehnungscoefficienten hervorheben. Jene Einfachheit fester Proportionen muss sich auch in den Zusammensetzungen der Radicale durch Combination mit gleich einfachen unmittelbar chemischen Constitutionsverhältnissen fortsetzen. So hat man für Wasser, als eine Verbindung von Wasserstoff und Hydroxyl, die Constante $\frac{2.58 + 4.58}{2} = 3.58$, was also, da hier der specifische Factor die Einheit ist, unmittelbar die absolute Gradzahl der Verdampfungsgrenze vorstellt.

9. Obwohl die eben skizzirte Theorie von grosser Tragweite ist, so verzichten wir doch für jetzt auf ein weiteres Eingehen, um die Fruchtbarkeit unserer Lehre von einer Verdampfungsgrenze in einer neuen Anwendung zu zeigen. Es ist nämlich der Quotient aus zwei beliebigen, von der Verdampfungsgrenze gerechneten Temperaturen von einem Stoff zum andern nicht veränderlich, weil sich der specifische Factor in dem fraglichen Bruch hebt. Wir haben also in diesem Quotienten eine abstracte Zahl, die für den zugehörigen Spannungsquotienten bei allen Substanzen gleich ist. Der Spannungsquotient $\frac{p'}{p}$ ist also eine von der Natur des Stoffes nicht weiter abhängige Function des Quotienten $\frac{t' + b}{t + b}$, wenn t und t' die bei irgend einem Stoff zu den Spannungen p' und p gehörigen Temperaturen bezeichnen und $-b$ die Verdampfungsgrenze dieses Stoffes ist. Nennen wir der Kürze wegen die von den Verdampfungsgrenzen gezählten Temperaturen s' und s, so können wir $\frac{p'}{p} = \left(\frac{s'}{s}\right)^y$ setzen, wobei y sich mit p und p' verändert, aber für alle Substanzen immer dasselbe ist. Verfolgt man den Gang von y näher, so zeigt sich an den Quecksilberdämpfen, dass es für sehr niedrige Spannungen, etwa zwischen $\frac{1}{50}$ und $\frac{1}{10}$ Millimeter, fast genau 2 bleibt, so dass also hier die Dampfspannungen wie die Quadrate der von der Verdampfungsgrenze gezählten Temperaturen wachsen. Bei Quecksilber betrifft diese einfache quadratische Beziehung circa die ersten fünfzig Wärmegrade der Celsiusschen Skala, also von der Verdampfungsgrenze gerechnet den Spielraum von 43° bis 93°. Für Zwecke der Theorie ist es nicht unwichtig, hiemit die äusserst niedrigen Dampfspannungen

für alle Stoffe haben zu können, für welche die Verdampfungsgrenze feststellbar ist, die sich ihrerseits aus derjenigen des Wassers und dem specifischen Factor ergiebt. Bezüglich des sonstigen Ganges jenes Exponenten y sei bemerkt, dass er sein Maximum zwischen 20 und 30 Millimeter hat, also von da ab mit steigender Temperatur sinkt. Jedoch haben die Eigenschaften dieses als Function von p' und p betrachteten Exponenten hier vorläufig kein weiteres Interesse. Wohl aber ist schliesslich daran zu erinnern, dass alle Folgerungen aus der Annahme der Verdampfungsgrenzen auch für die Richtigkeit des besondern Zahlenwerths sprechen, den wir für diejenige des Wassers zu Grunde gelegt haben. Bei dem Anfange unserer Betrachtungen hatten wir keine andere Thatsache zur Verfügung, als dass bei gewöhnlicher Temperatur, also etwa 15° der Schwefel noch verdampft, das Glycerin aber noch nicht verdampft. Jetzt wissen wir mit derselben Zuverlässigkeit, welche überhaupt unsere Theorie hat, dass die Verdampfungsgrenze des Schwefels bei — 10° und diejenige des Glycerins bei 40° liegen muss. Hätten wir nämlich die Verdampfungsgrenze des Wassers erheblich anders als zu — 100° fixirt, so würde sich weder unser Gesetz der einfachen Zahlenverhältnisse noch das Gesetz des Wachsens niedriger Dampfspannungen nach den Quadraten der Temperatur ergeben haben. Beide Umstände zusammen verstärken sich nun aber nicht nur gegenseitig, sondern steigern auch die Sicherheit des Rückschlusses auf die vollständige oder wenigstens äusserst angenäherte Richtigkeit jener Ausgangszahl.

10. Ausser den unmittelbar theoretischen Consequenzen des neuen Gesetzes ist auch noch eine praktische Anwendung zu machen, die zunächst für das Laboratorium des Physikers oder Chemikers entscheidende Bedeutung erhalten muss. Wo es sich darum handelt, sehr niedrig liegende Temperaturen genau zu messen, ist man gegenwärtig auf Thermometer angewiesen, die theils ungenau sind und bald versagen, wie das mit dem adhärirenden und bei — 100° schon zäh werdenden Weingeist, theils im Gebrauch mit den grössten Umständlichkeiten verknüpft sind und trotzdem nur bis zu einer sehr bemessenen Grenze reichen, wie das Luftthermometer. Bei letzterem ist das Abbrechen der Spitze unter Quecksilber für jede einzelne Beobachtung erforderlich. Ueberdies kann das Luftthermometer nicht etwa blos da, wo die Luft flüssig wird, sondern auch schon da nicht mehr

dienen, wo sie sich diesem Punkte nähert, da ja hier die unmittelbare Anwendung des Gay-Lussacschen Gesetzes, auf welche das Lufthermometer gegründet ist, versagen muss. Es ist nun jetzt ein Ausweg dadurch geboten, dass unser Gesetz es möglich macht, ein Thermometer auf das Princip zu gründen, anstatt unmittelbar Temperaturen, zunächst Dampfspannungen und so mittelbar die entsprechenden Temperaturen zu messen. Ein derartiger Kältemesser oder, um auch den Philologen der Physik rigoros gerecht zu werden, ein solches Rhigometer könnte sich etwa dem von Gay-Lussac zur Messung von Dampfspannungen unterhalb der umgebenden Temperatur angewendeten Instrument ähnlich gestalten. Mit dem wesentlich veränderten Zweck würde aber auch eine entsprechend bequeme Einrichtung erforderlich sein. Am einfachsten und besten würde das neue Werkzeug aus einer U-förmig gebogenen Röhre bestehen, die nach einer abermaligen ähnlichen Biegung in entgegengesetzter Richtung in eine Kugel ausläuft, die den als Untersuchungsmittel dienenden Dampf aufzunehmen hat, während sich in den beiden andern Schenkeln das die Dampfspannung anzeigende Quecksilber befindet. Am zweckmässigsten ist auch das der Kugel entgegengesetzte Ende der Röhre, nachdem die zur Dampfbildung bestimmte Flüssigkeit durch das Quecksilber in den andern Röhrenschenkel hineingebracht worden, von Luft zu befreien und zu verschliessen. Alsdann zeigt die Niveaudifferenz der beiden Quecksilbersäulen unmittelbar die Spannung des in der Kugel vorhandenen und bis zum Quecksilber des benachbarten Schenkels reichenden Dampfes an. Die Kugel ist es nun, die allein in die Kältemischung oder sonst in das Medium zu bringen ist, dessen Temperatur gemessen werden soll. Der Dampf in der Röhre wird zwar nicht ebenso abgekühlt; aber bekanntlich kann die Spannung im ganzen Raume nur diejenige sein, wie sie dem abgekühltesten Theil desselben entspricht. Auch stellt sich bei gesättigten Dämpfen nicht etwa eine mittlere Spannung, sondern wegen des Niederschlags genau diejenige her, welche der im Raume niedrigsten Temperatur entspricht.

Je nach der Niedrigkeit der zu messenden Temperaturen wird man die Substanz wählen, deren Dampf durch seine Spannung als Thermometer dienen soll. Beispielsweise wäre ein Ammoniakrhigometer für Temperaturen zunächst unter dem Gefrierpunkt des Quecksilbers bis etwa zu — 90° hinab weit hand-

licher als das Lufthermometer, welches ausser der oben angegebenen Umständlichkeit auch noch jedesmal eine verwickelte Rechnung oder wenigstens Tabellen nöthig macht, die für jedes einzelne Instrument besonders und mühsam berechnet sein wollen. Unser Kältemesser wird durch die Niveaudifferenz des Quecksilbers die jedesmalige Spannung des Ammoniakdampfes anzeigen, und die zu dieser Spannung gehörige Temperatur wird aus einer einfürallemal aufgestellten und für jedes Instrument gültigen Tabelle zu entnehmen sein. Man hat hiebei noch den Vortheil, nicht etwa blos von den individuellen Eigenthümlichkeiten des Instruments, sondern überhaupt von dem Einfluss des Gefässstoffes, also namentlich von der Ausdehnung des Glases unabhängig zu bleiben. Da unterhalb 20 Millimeter die Dampfspannungen schwerlich noch mit der wünschenswerthen Genauigkeit im Rhigometer zu constatiren wären, so wird man für Temperaturen zwischen — 90 und — 120° etwa Kohlensäure oder Stickoxydul, zwischen — 110 und — 140° Borfluorid und bei noch niedrigeren Temperaturen Siliciumfluorid und Stickoxyd zu nehmen haben.

Das Neue an dem hier beschriebenen Instrument ist nicht etwa der allgemeine Gedanke, Temperaturen durch Dampfspannungen zu messen, sondern die praktische Ermöglichung einer solchen Messung durch unser Gesetz. Ohne dieses Gesetz ist es nicht möglich, die erforderlichen Spannungstabellen zu beschaffen. Beispielsweise bleibt die Flüssigmachung der permanenten Gase solange blos eine populäre Thatsache, als die niedrigen Temperaturen, die bei der Flüssigmachung in Frage kommen, nur sehr unsicher gemessen, ja in den tiefen Lagen eigentlich nur geschätzt werden. Dies ist ein grosser Mangel, dem abzuhelfen man sich bisher vergebens bemüht hat. Unser Instrument, welches wohlgemerkt nur in Verbindung mit unserm Gesetz eine praktische Anwendung gestattet, hilft mit einem Male dem bisherigen Bedürfniss ab. Man kennt durch dasselbe die Reihe der zusammengehörigen Spannungen und Temperaturen, die sich sonst durch kein Mittel, sei es empirisch oder rationell, für die fraglichen tiefen Kältegrade auffinden liessen.

11. Wir sind mit der technischen Anwendung unseres letzten und speciellsten Gesetzes bei einem Punkte angelangt, wo der Contrast unwillkürlich an die erste rein theoretische Grundlage unserer Aufstellungen erinnert. Es würde aber eine Täuschung sein, den Anschein äusserster Specialität, der dem

Gesetz der entsprechenden Siedetemperaturen auf den ersten Blick eigen ist, auf die Dauer gelten zu lassen. Das Gesetz der zu den gleichen Maximalspannungen der Dämpfe gehörigen Temperaturen oder, mit andern Worten, das Temperaturgesetz der Condensationsspannungen reiht sich den Grundgesetzen der Zusammendrückung und der Ausdehnung als nächste Stufe an. Es würde eine Folge der Combination dieser Grundgesetze mit den Grundeigenschaften der Stoffe sein, wenn eine derartige Combination bereits rationell durchführbar wäre. In der Abfolge der von uns vorgeführten Grundgesetze ist hienach System, und diese innere systematische Beziehung wird durch die Unterschiede in den Graden der Allgemeinheit nicht aufgehoben, sondern im Gegentheil verstärkt. Unsere erste Darlegung betraf die Einerleiheit der Kraft im Raume und zwar mit Rücksicht auf das Gravitationssystem. Die zweite Entwicklung zeigte den nächsten wichtigsten Fall dieser Einerleiheit durch die Aufdeckung des wahren Zusammendrückungsgesetzes. Das hiebei zugleich mitverbesserte Gesetz der Ausdehnung durch die Wärme war auch ein weiterer Belag dafür, dass die Zuführung oder Entziehung von Spannkraft etwas völlig Anderes bedeutet, als die blosse Vertheilung einer sich gleichbleibenden Spannkraft durch Veränderung des Raumes. Aus letzterem Umstande erklärt sich auch, warum die Entziehung der Wärme so viel und etwas ganz Anderartiges für die Condensation leistet, als die blosse äussere Druckvermehrung. In dem einen Falle wird Kraft weggenommen, in dem andern bleibt sie gleich und wird nur genöthigt, nach Maassgabe anderer räumlicher Verhältnisse auch anders zu wirken. In dem einen Falle vermag man geringe Spannung bei geringer Distanz, in dem andern nur unter Erweiterung der Distanz zu erzeugen. Ist nun zur gehörigen Wirksamkeit der Molecularkräfte, also etwa zum Condensiren, geringe Distanz und geminderte Spannung nothwendig, so erreicht man durch Zusammendrückung zwar die geringe Distanz, bleibt aber davon abhängig, dass schliesslich an einem Punkte die Wärmespannung verhältnissmässig schwach genug ausfällt, um von den Molecülkräften überwogen zu werden. Diese maximalen Punkte, in denen die räumliche Wirkungsgelegenheit der Wärmespannkraft die zur Condensation führende Grösse hat, sind nun der Gegenstand des dritten Gesetzes, welches wir demgemäss zu den Grundgesetzen rechnen können. An praktischer

Tragweite übertrifft dies Gesetz sogar die beiden andern, während es in theoretischer Hinsicht ebenfalls eine hohe Stufe der Allgemeinheit für sich hat.

12. Mit Sorgfalt haben wir überall bei Aufstellung der fraglichen Gesetze den geschichtlichen Vorgängerschaften nachgeforscht und sogar da, wo wir erst nachträglich auf verwandte Spuren getroffen sind, diese in das hellste Licht gestellt. Bei dem Gesetz der Einerleiheit der Kraft im Raume war Robert Mayers Entdeckung hervorzuheben. Diese Hervorhebung kann aber Angesichts der Verkleinerungen und Verleumdungen jenes Forschers und Denkers, die nach dem jüngst erfolgten Tode desselben seitens der Handwerksgelehrten wieder ungenirter sich breitzumachen versuchen, nicht genügen. Wie ich schon in meinem mechanischen Werk, also zuerst vor einem halben Dutzend Jahren, die Sache Robert Mayers entschieden aufgenommen und gegen die Vertuschungen und Entstellungen später mit grossen Opfern, ja, wie alle Welt weiss, um den Preis meiner Universitätsstellung vertheidigt habe, so werde ich auch hier im Interesse der bessern Wissenschaft und des wahren Verdienstes für jenen grossen Physiker Einiges an das Licht ziehen, was sonst mit seinem Körper für immer begraben worden wäre. Das nächste Capitel wird der geeignete Ort für diesen Act der Gerechtigkeit sein.

Was aber das zweite Gesetz anbetrifft, so muss ich hier noch einmal ausdrücklich darauf hinweisen, dass hier der einzige Fall vorlag, in welchem ich nachträglich bei den für mein mechanisches Werk angestellten geschichtlichen Nachforschungen auf Daniel Bernoullis, wenn auch unzutreffende, so doch immer vorhandene Berücksichtigung des Molecülvolumens gestossen bin. In meinem Werk findet sich übrigens auch schon in der ersten Auflage (Herbst 1872) ein entschiedener Einspruch gegen die allgemeine Bernoullische Hypothese und eine Bemerkung über andere, für die Gasgesetze zu nehmende Wendungen. Wie man sich aus den betreffenden Ausführungen des vorigen Capitels überzeugen kann, ist Daniel Bernoullis Berücksichtigung des Molecülvolumens zur Construction des Mariotteschen Gesetzes, trotz der Vergessenheit, in der sich diese Wendung des alten Forschers bisher begraben fand, von mir an das Licht gezogen worden. Da ich, wie im zweiten Capitel dargelegt wurde, von gänzlich andern

Gesichtspunkten ausgegangen und auch zu richtigen Ergebnissen gelangt war, so hatte die nur in einem Punkt verwandte, übrigens aber völlig divergirende Bernoullische Vorstellung für mich den Werth eines bestätigenden Vorversuchs.

Bezüglich des im gegenwärtigen Capitel veröffentlichten Gesetzes liegt Alles ohne Weiteres so klar zu Tage, dass hier weder über die Urheberschaft noch über die bemessene Bedeutung des Daltonschen Ausgangspunkts und Fehlversuchs ein Zweifel obwalten kann. Wohl aber hat mich eine lange Erfahrung und vielseitige Beobachtung im Gebiet der wissenschaftlichen Angelegenheiten und des gelehrten Treibens überzeugt, dass der Verbreitung und dem eindringenden Studium neuer Wahrheiten, auch wenn sie exact nachgewiesen sind, noch andere Hindernisse, als die gewöhnlich angenommenen, entgegenstehen. Nur wenn das Publicum gehörig mit den Kämpfen vertraut ist, die auch im Interesse des Fortschritts der exacten Wissenschaften zu bestehen sind, wird es sich einen kritischen Maassstab für den Werth früherer und gegenwärtiger Bestrebungen bilden können. Da nun die vorliegende Schrift die Rationalisirung der verhältnissmässig exactesten Theile des Naturwissens betrifft und speciell der Vorschiebung der Grenzen des Gebiets dient, so liefert das folgende abschliessende Capitel, welches die innern und äussern Schwierigkeiten derartiger Fortschritte im engsten Anschluss an das Stoffgebiet dieser Schrift behandelt, eine natürliche Ergänzung der vorangegangenen Feststellungen.

Viertes Capitel.

Verbreitungschancen und Studiumsschwierigkeiten.

1. Die eindringendere Wissenschaftsgeschichte zeigt auf allen ihren Hauptblättern den Kampf, welchen neue Wahrheiten von wirklicher Bedeutung, namentlich, wenn sie, wie dies fast regelmässig der Fall gewesen ist, nicht dem Zunftgelehrtenthum entsprossen waren, mit den feindlichen Machinationen der Handwerksgelehrten zu führen hatten. Ausschliesslich der Unverstand der betreffenden Kreise würde nicht ausreichen, die fraglichen Erscheinungen zu erklären. Es sind vielmehr ausser der Beschränktheit auch die Eitelkeit und neidische Bosheit sowie die zugehörigen Begehrlichkeiten im Spiele, welche sich fremdes Verdienst anzueignen und fremde Errungenschaften zu verdunkeln suchen. Nun können offenbar die Erstickungsproceduren, mit denen das professorale Geschäft sich an Alles macht, was nicht es selbst ist, dem eindringenderen Studium nicht Vorschub leisten. Der Studirende wird in seinen Bestrebungen gehemmt, wenn er grade von dem geflissentlich abgelenkt und über das in Unkenntniss erhalten wird, was auf dem besseren Boden freier Wissenschaft gewachsen ist. Indem sich diese Thatsache immer von Neuem wiederholt, bleibt auch die Nothwendigkeit, gegen sie anzukämpfen, immer neu. Niemand rechne darauf, den besten Zuwachs einer Wissenschaft unverfälscht kennenzulernen, ja auch nur stets eine allgemeine Kunde von der Existenz eines solchen Zuwachses zu erhalten, wenn er es nicht versteht oder wenigstens mit der Zeit lernt, über den handwerksmässigen Gelehrtentross hinaus- und da hineinzublicken, wo die eigentliche Werkstätte der fortschreitenden Gedanken und Thatsachen belegen ist und von den Gegeninteressenten so gern zugedeckt ge-

halten wird. Ebenso rechne Niemand darauf, als freier Forscher dem zu entgehen, dass es ihm, wenn nicht unmöglich, so doch äusserst schwer gemacht wird, die Kunde von seinen Ergebnissen an das Publicum zu bringen. Zwischen den freien Forscher und den freien Studirenden schiebt sich das Monopol der privilegirten Gelehrsamkeit ein, die mit aller äussern Macht, sei es heimlich oder auch brutal, dahin wirkt, jene beiden bessern Elemente voneinander getrennt zu halten. Zunächst dienen die literarischen Erstickungen dazu, das Bessere an der Verbreitung zu hindern. Sind sie schliesslich fehlgeschlagen, dann kommen andere Verdunkelungen des fremden Verdienstes, Verfälschungen, Entstellungen und Verleumdungen an die Reihe. Nebenher geht die Ausnutzung und Aneignung der fremden Leistung, wobei die möglichste Unkenntlichmachung der Entlehnungen nothwendig wird und auch vermöge der angestammten Verworrenheit nicht allzu schwerfällt. So werden dem Publicum Verfälschungen und unreine Mischungen mit Etiquetten der privilegirten Gelehrsamkeit geboten, wo es auf natürliches Gewächs und reinen Wein Anspruch hätte. Da jener wissenschaftliche Verfälschungshandel aber patronisirt und demgemäss die Regel ist, so bleibt nichts übrig, als denen, die ihrem bessern und feinern Geschmack nicht ohne Noth zu nahe treten wollen, einige Bemühung um die unmittelbaren Bezugsquellen zu empfehlen und an der Verbreitung der Kenntniss dieser Quellen energisch zu arbeiten. Dies ist der einzige Weg, sowohl für das Studium als für die Forschung die Lage allmälig zu verbessern und die Zahl der Fälle zu vermindern, in denen gelehrte Verbrechen zugleich den Forscher und dessen Wahrheit, also nicht blos ihn selbst, sondern auch das Publicum schädigen.

Der Sachverhalt, der eben im Allgemeinen gekennzeichnet wurde, hat für die Physik unseres Zeitalters eine besonders hervortretende Bedeutung. Inmitten eines modischen Wirrwars von Theorien der officiösen physikalischen Gelehrsamkeit wird die einfache Beschaffenheit wirklicher Errungenschaften verdunkelt. Ganz besonders ist dies mit der Wärmemechanik der Fall; denn grade das, was sich mit der grössten Aufdringlichkeit als mechanische Wärmetheorie anpreist, ist ein Nebelbild und eine Dunstmasse, durch welche die wirkliche Wärmemechanik, die im Hintergrunde aller dieser Dunsttheorien in einer reinern Atmosphäre von einem echten Forscher producirt wurde, nur verhüllt und verdunkelt

wird. Nun hat aber der Urheber der Wärmemechanik mit seiner Person und Sache ein Schicksal gehabt, welches lauter als jedes andere für die Nothwendigkeit spricht, auch einmal in der Physik an die Chancen zu erinnern, denen das Echte und Bedeutende, ja das gradezu Epochemachende von Seiten der zünftigen Besitzer der physikalischen Handwerksprivilegien ausgesetzt ist. Auch meine eignen Erfahrungen in dieser Angelegenheit sind ein Zeugniss dafür, auf welche Hemmungen und Schädigungen sich derjenige gefasst machen muss, der mit ernster wissenschaftlicher Kritik dafür eintritt, dass die Wahrheiten und Verdienste in der Wissenschaftsgeschichte eine angemessene Würdigung finden, und dass die bedeutenden Erscheinungen dort auch wirklich den Platz erhalten, auf den sie ein Recht haben. Mit der ersten Auflage meiner Geschichte der Principien der Mechanik, also vor einem halben Dutzend Jahren war ich zuerst im Stande gewesen, eine schon damals viele Jahre lang gehegte Absicht umfassend und nachdrücklich ausführen zu können. Ich hatte seit meinen ersten physikalischen Studien Anfangs der fünfziger Jahre beobachtet, wie die solide Aufführung des Gebäudes der Wärmemechanik, die von Robert Mayer herrührte, dem Publicum vorenthalten, dafür aber philosophelnde Excerpte äusserst anspruchsvoll an den Markt gebracht wurden. Dem Viertelsverständniss, welches sich in diesem Verfahren bekundete und nur die trivialeren Elemente der Sache zu colportiren vermochte, entsprach im umgekehrten Verhältniss die Anmaassung des Colporteurs, der sich in Vorträgen vor dem Publicum als den Entdecker eines Gesetzes der Erhaltung der Kraft aufspielte. Meine im August 1871 der Göttinger Facultät eingereichte Preisschrift enthielt nun die lange beabsichtigte Klarstellung der Leistungen Robert Mayers und der Nichtleistungen jenes Doppelgängers, der sich auf Deutschem Boden zu seinen Verdiensten angefunden hatte, nämlich des Herrn Helmholtz. Man kann in der ersten Auflage nachlesen, wie sachlich entschieden das Urtheil gestaltet war, und man kann sich überzeugen, wie in der zweiten Auflage in Bezug auf Herrn Helmholtz nur solche Sätze hinzugefügt worden sind, durch welche auch das weniger fach- und sachkundige Publicum über den wissenschaftlichen Werth der Person und ihres Verhaltens zu orientiren war. Ich übergehe zunächst die Schicksale, die sich für mich an diese zweite Auflage geknüpft haben. So gross die Schädigungen waren, die

ich erfuhr, so gross ist auch die Wirkung gewesen, die mein Buch, welches schon in der ersten Auflage eine andere Würdigung Robert Mayers bei einem zahlreichen Leserkreise veranlasst hatte, nunmehr mit sich brachte. Viele hörten jetzt zum ersten Mal von dem Heilbronner Kaspar Hauser der Physik und dem wirklichen Entdecker des mechanischen Aequivalents der Wärme. Es gehörte aber zu dieser Angelegenheit ein Geheimniss, das sich auch für mich erst auf Veranlassung meiner Vertreibung von der Berliner Universität enthüllte. Als Robert Mayer aus den Zeitungen von dieser Sache und dem Zusammenhang hörte, in welchem meine Vertreibung durch die Berliner Universität mit der Wahrnehmung seiner Rechte stand, schrieb er an mich und ergriff so die Initiative zu einer persönlichen Beziehung. Auf diese Weise konnte, wie sich weiter unten zeigen wird, noch grade zur rechten Zeit, nämlich nicht viel mehr als ein halbes Jahr vor Mayers im März 1878 erfolgten Tode, eine Thatsache an das Licht kommen, die sonst für immer verdunkelt und völlig begraben worden wäre. Wissenschaftsgeschichte und Humanität haben aber ein gleiches Interesse daran, diese Thatsache in ihrer nackten Ungeheuerlichkeit vollständig zu kennen.

2. Das mechanische Aequivalent der Wärme, d. h. eine bestimmte Zahl von ähnlicher Bedeutung wie der Fallraum der ersten Secunde, wurde von dem Entdecker, der nicht lange vorher sich in seiner Vaterstadt Heilbronn als praktischer Arzt niedergelassen hatte, im Mai 1842 in Liebigs Annalen der Chemie veröffentlicht. Der als Chemiker gewaltig überschätzte Herausgeber dieser Zeitschrift, der allzuberühmte Liebig, hatte selbstverständlich keinen eignen Blick für diese geniale Errungenschaft und später, als er durch den Import der Englischen Nachentdeckung des Herrn Joule belehrt war, dass es sich um eine bedeutende Angelegenheit handle, als officiöser Gelehrter nicht den Charakter, um gegen alle zünftlerische und akademische Collegialität bei seinen Deutschen Fachgenossen für die Sache eines sogenannten Dilettanten mit seinem damals schon bedeutenden Einfluss einzutreten oder ihm auch nur in seinem Journal eine Vertheidigung der Sache zu gestatten. So konnte es geschehen, dass Robert Mayer mit seiner neuen Wahrheit, obwohl er dieselbe inzwischen in besondern Schriften auf die entlegensten Gebiete, nämlich auf Physiologie und kosmische Physik angewendet hatte, zunächst ein halbes Dutzend Jahre theils aus Beschränkt-

heit theils geflissentlich ignorirt wurde. Auch nach Verlauf dieser Zeit liessen sich die Deutschen Zunftgeister lieber durch den Ausländer Joule in Bewegung setzen. In England hatte man sogenannte Dilettanten, wie der Bierbrauer Joule im Sinne unseres Gelehrtenjargons auch einer war, bereits moderner beachten gelernt. Das Echo aus den Englischen Gelehrtenkreisen war aber für die Deutschen Handwerksphysiker Bürgschaft genug, um in der zweiten Hälfte der vierziger Jahre eine allmälige Einlassung mit der Englischen Nachentdeckung zu verursachen. Mayer, der nicht blos die Priorität für sich, sondern auch die feineren Gedanken und die geistvollere Methode der Ableitung der Aequivalentzahl geliefert hatte, musste sehen, wie man die neue Wahrheit ausschliesslich als eine Englische Entdeckung behandelte, was ohne die Schuld der Deutschen Gelehrten nicht möglich gewesen wäre. Als er 1849 in der Augsburger Allgemeinen Zeitung (vom 14. Mai) mit wenigen Sätzen unter der Ueberschrift „Wichtige physikalische Erfindung“ reclamirte, antwortete (in der Nummer vom 21. Mai) im Namen der Gelehrtenkaste ein Tübinger Privatdocentchen und nachmals zum Professor patronisirter Herr Otto Seyffer, unter Vorbringung von confusem physikalischem Gallimathias, mit Warnungen des weiteren Publicums vor Mayer als einem sachunkundigen Dilettanten, über dessen angebliche Entdeckung die Fachkreise schon abgeurtheilt hätten. Gegen diese Beschimpfung konnte Mayer nicht aufkommen; denn um von den älteren Gelehrten gar nicht zu reden, erhob sich auch unter den damals noch jungen Strebern, die wie beispielsweise Herr Helmholtz heut zu gangbaren Schaustückpersonnagen der Physik avancirt sind, keine Stimme für Mayer, trotzdem in dem Augsburger Blatt, welches damals die gelehrte Hauptzeitung für alle Professorenkreise Deutschlands war, der Vorfall Niemand entgehen konnte, der sich überhaupt um solche Dinge bekümmerte. Im Gegentheil nahm die Redaction jenes Professorenblattes von Seiten Mayers nichts mehr auf.

Wer in den gelehrten und besonders in den professoralen Zuständen intimere Erfahrungen gemacht hat, wird die angeführte literarische Infamie und die zugehörige Erstickung nicht überraschend finden. Derartige Stücke und Manieren sind in den betreffenden Kreisen die Regel; aber Robert Mayer konnte dies nicht im Entferntesten wissen und fühlte sich durch die Unterdrückung und Erstickung seiner Sache daher nur um so tiefer

erregt. Er hat mir im Sommer 1877 in Wildbad, wohin er ausschliesslich zu Besprechungen mit mir auf ein paar Tage kam, den weiteren Verlauf seiner Schicksale mitgetheilt. Bis dahin wusste ich nur, was ich bei Gelegenheit meiner literarischen Nachforschungen festgestellt hatte. Ich kannte die erwähnte Elendigkeit in dem Augsburger Blatt und wusste, dass in eben dieser Zeitung eine lange Reihe Jahre nachher Mayer verrückt und todtgesagt worden war, und dass diese Meldung seines Verstorbenseins in einer Irrenanstalt von dem Berliner Professor Poggendorf in dessen biographisch-literarischem Wörterbuch der exacten Wissenschaften (Leipzig 1863) aufgenommen worden sowie auch in einzelne Conversationslexika und nach dem Auslande gelangt war. Ich nahm an, dass jene Verrücktsagung wohl nicht mehr zu bedeuten haben würde, wie die damit verbundene Todsagung dessen, der sein von den Gelehrten im Geist schon allzu frühzeitig veranstaltetes Begräbniss bereits ein paar Jahrzehnte überlebt hatte. Ich fand in dem Neide und der Bosheit der Handwerksgelehrten eine genügende Erklärung für die Beförderung von Notizen jener Art, und konnte dies um so mehr, als ich auch die wissenschaftlichen Schliche beobachtet hatte, durch die man sich die Verdienste Mayers aneignete. Inzwischen war nämlich, und zwar besonders seit den fünfziger Jahren, das mechanische Wärmeäquivalent immer mehr in Aufnahme gekommen, ja schliesslich eine sogenannte mechanische Wärmetheorie gradezu Mode geworden. Mayer selbst war aber dabei literarisch gänzlich zur Seite geschoben und auf Deutschem Boden am wenigsten zur Erwähnung gelangt. Wo letzteres geschah, war es darauf berechnet, ihn nur im Winkel und ganz nebenbei unter Reducirung seiner Verdienste auf einen blossen Gedankenkeim, also in möglichst unscheinbarer Gestalt für einen Augenblick sichtbar zu machen, um ihn dann gleich wieder verschwinden zu lassen. So war z. B. auch Herr Helmholtz, der ihn in seiner Studie über die Erhaltung der Kraft (Berlin 1847) gar nicht angeführt hatte, im Drange der Noth 1854 dazu gelangt, ihn in einem Vortrage in der gekennzeichneten bedeutungslosen Weise zu nennen und durch dieses Vorbeistreifen an seinem Namen das Publicum von alledem zu unterrichten, was es über Mayer nach der Meinung des Herrn Helmholtz zu wissen nöthig hätte. Letzteres musste natürlich ein Minimum und fast gleich Null sein; denn Herr Helmholtz liess sich ja auf jene Studie von 1847 hin selbst als

Auffinder ausgeben. Eine Vergleichung dieser schwachen Studie mit den vorangegangenen Mayerschen Schriften musste aber lehren, dass Herr Helmholtz, um hier wieder einmal an den gegen letzteren gebrauchten Ausdruck Schopenhauers zu erinnern, sich wie ein Maulwurfshaufen neben dem Montblanc ausnahm. Er hatte den Gegenstand seiner Studie nicht einmal zureichend verstanden und sich in Ermangelung von physikalischem Blick für die Hauptsache, die Aequivalentzahl, auf ein nebensächliches Philosopheln über Erhaltung der Kraft verlegt. Wo sich nun auf Grund solcher dürftiger Copien und misslungener Abbilder der noch dazu weniger wichtigen Seiten des Gegenstandes Leute vor dem Publicum als selbständige Auffinder ohne Widerspruch geriren konnten, war natürlich für Robert Mayer kein Platz, und um letzteren zu schaffen, hatte ich, wie schon gesagt, seit Herbst 1872 die auf die bezeichnete Weise entstandenen Fälschungen der Wissenschaftsgeschichte oder vielmehr Sage und Reclame gebührend aufgedeckt. Bei Gelegenheit der Unterredungen mit Mayer erfuhr ich durch ihn noch von einem Vorfall auf dem naturwissenschaftlichen Congress von 1869 zu Innsbruck. Er war auf diesem Congress erschienen und hielt dort einen Vortrag, trotzdem oder vielmehr weil er schon längst in einem Irrenhause verstorben war, um dem Publicum seinen abgeschiedenen Geist vorzustellen. Auch Herr Helmholtz war anwesend und zwar, wie das auf den naturwissenschaftlichen Congressen bei den gangbarsten Personnagen üblich ist, mit der nöthigen Gefolgschaft eines Anhangs von jüngern Strebern. Als nun Mayer in seinem Vortrage, in welchem er eigne neue Consequenzen des Wärmeäquivalents mittheilte, auch im Allgemeinen von der Entdeckung sprach, wurde ihm aus der Umgebung zugerufen, ob nicht auch Helmholtz selbständiger Entdecker der Sache sei. Mayer sagte mir, er sei durch diese Insinuation, die auf seine Benutzung und auf die Abnöthigung einer Höflichkeit abzielte, in peinliche Verlegenheit versetzt worden. Er habe sich eines Sprüchworts erinnert, welches in drastischer Weise ausspricht, dass da, wo die Odeurs am unangenehmsten sind, der meiste Weihrauch gestreut werden müsse. Mit ironischer Höflichkeit habe er dem Verlangen nachgegeben und neben einigen Andern auch Herrn Helmholtz in die Schaar derjenigen eingeschlossen, die sämmtlich selbständig nach ihm die Sache auch entdeckt hätten. Wie er übrigens über die Auchentdecker

dachte, darüber hatte er mir schon vorher in einem Brief vom 27. Juni 1877 seine Ueberzeugung wörtlich dahin ausgesprochen: „wenn es je meinen Landsleuten gelänge, mich zu beseitigen, könnte und würde Niemand anders als der Engländer Joule die Erbschaft antreten“. Es kam also für ihn Niemand weiter als allenfalls Herr Joule in Frage, und er sah recht wohl, wie man in Deutschland noch immer daran arbeitete, seine eigne Bedeutung abzuschwächen.

3. Die zuletzt erwähnten Gegenstände waren nur Nebendinge in Vergleichung mit dem, was zwischen Mayer und mir bezüglich des ihm angedichteten Wahnsinns ausführlich zur Sprache kam. Es lag ihm ausserordentlich daran, dass diese Angelegenheit, in der es ihm peinlich war, selbst öffentlich zu reclamiren, nicht für immer dem Publicum verschwiegen bliebe, und dass sie in ihrem wahren Lichte dem Urtheil der Mit- und Nachwelt anheimfiele. Die Geschichte der ihm widerfahrenen Unbilden begann mit der vorher angeführten literarischen Unterdrückung seitens des Augsburger Blatts oder vielmehr der hinter demselben stehenden Gelehrtenkaste. Bei einer feinen Empfindungsconstitution und einer gewissen Neigung zu passiver und sich schweigend verhaltender Sentimentalität wurde er von jener üblen Erfahrung und von der ganzen Situation, für seine Sache nichts thun und seine Entdeckung nicht an das Publicum bringen zu können, so tief ergriffen und so angegriffen, dass er in ein Nervenfieber verfiel. In dieser Krankheit hatte er das Unglück, im Fiebertraum aus dem Fenster eines höheren Stockwerks zu springen und sich so einen dauernden Schaden der Füsse zuzuziehen, der an seinem Gange noch jetzt nach länger als 25 Jahren erkennbar war. Er genas und verfasste noch seine 1851 erschienene Reclamationsschrift. Da aber die Unbilden sich erneuerten und namentlich durch mündlich ausgegebene Parolen noch andere Beschimpfungen als die in dem Augsburger Blatt bis in seine Umgebung befördert wurden, so verfiel er unter den fortwährenden Unterdrückungsproceduren in eine Art von Schwermuth. Der Vorwurf des Grössenwahns, der aus den gelehrten Handwerkskreisen gegen ihn colportirt wurde, fand inmitten der kleinstädtischen Gesellschaft Heilbronns und mancher auch weiter verzweigten Sippe im Ländchen Würtemberg eine ganz besondere Aufnahme. Neidische Mediciner und öffentliche Medicinalbeamte ärgerten sich, dass so ein Heilbronner praktischer

Arzt eine grosse physikalische Entdeckung gemacht haben wollte. Die Bornirtheit der philiströsen Denkweise that das Ihrige, dem genialen Mann das Leben schwer zu machen. In den Augen der weisen und auch wohl nicht ganz neidfreien Sachverständigen litt er offenbar an der fixen Idee, das mechanische Aequivalent der Wärme entdeckt zu haben. Man intriguirte in der Familie und namentlich bei seinem Schwiegervater, also bei Personen, die den Himmel wussten, was Grössenwahn oder fixe Aequivalentidee zu bedeuten habe. Mayer war damals zeitweilig von etwas schwermüthiger Laune, — das, hat er mir erklärt, war Alles und von Wahnsinn keine Spur, was er als Arzt wohl während der später noch völlig gesund und ohne jene Schwermuth verlebten 25 Jahre zu beurtheilen vermocht haben muss. Trotzdem gelang es damals, ihn so zu umgarnen, dass er sich eines schönen Tages in einer Irrenanstalt befand, um von einem Medicinalrath von Zeller im Zwangsstuhl vom Grössenwahn kurirt zu werden. Man warf ihm dort vor, er habe mit seinen Schriften so etwas gewollt, wie die Quadratur des Cirkels finden, und namentlich erregte in dieser Beziehung eine seiner umfassendsten und geistvollsten Schriften, in der er seine Entdeckung 1845 neu dargelegt und auf die Physiologie angewendet hatte (die organische Bewegung und der Stoffwechsel), den Aerger und die Heilversuche jenes amtirenden Irrenarztes, der sich besser selbst von seinem Wahn bezüglich Mayers und der Wissenschaft zu kuriren gehabt hätte. So hielten ihm mit argen Zwangsproceduren Leute den Grössenwahn vor, die für subtilere Wissenschaft kein Verständniss hatten. Das Uebelste aber war, dass, um seine Seele vom Grössenwahn zu retten, sein Körper durch allerlei instrumentale Vorrichtungen arg zugerichtet und so zu sagen kleingequetscht wurde. Die Detailmittheilungen Mayers hierüber sind mir nur noch allzufrisch in der Erinnerung und erfüllen mich, wenn ich daran zu denken genöthigt bin, immer wieder mit bittern Gefühlen und mit einer Anwandlung jenes ersten Schauders, den ich empfand, als er mir mit eingehendster Technik alle die Körperverletzungen demonstrirte, die er durch die einklemmenden und einzwängenden Maschinen erlitten. Er sagte mir, dass er noch Jahre lang an den bis auf die Knochen wundgewordenen Stellen und an dem verzwängten Rückgrat zu leiden gehabt habe; und doch war diese ganze Behandlung nicht etwa wegen Gewaltthätigkeiten, die übrigens grade

bei einem Gesunden in solcher Gefangenschaft am wenigsten hätten überraschen können, aber seitens Mayers nicht unternommen waren, sondern wegen seiner bitteren und leidenschaftlichen Aeusserungen prakticirt worden. Körperlich arg mitgenommen, ja bis zum Tode elend, entging er nach ungefähr einem Jahre diesem lebendigen Grabe und der humanen Heilstätte noch in seiner ganzen geistigen Grösse sammt Grössenwahn. Es ist mehr als ein Vierteljahrhundert her, dass er auf diese Weise ein Märtyrerthum für die Wissenschaft bestand. Er lebte seitdem und während dieser ganzen Zeit wieder in Heilbronn, aber rein als Forscher. Um nach dem Zwischenfall seine ärztliche Praxis wieder aufnehmen zu können, hätte er eine Erklärung erlassen müssen, er sei nunmehr wieder gesund; denn ein Versuch, in der officiösen, autoritätlerisch gänzlich befangenen Sphäre Heilbronns im Widerspruch mit Würtembergischen Amtsautoritäten seine ununterbrochene Geistesgesundheit zu vertreten und den Wahnsinn als angedichtet zu erweisen, war aussichtslos. Auch konnte er sich nicht an das weitere Deutsche Publicum wenden, dem er damals nicht bekannt war. Die Angelegenheit mit der Augsburger Allg. Zeitung hatte übrigens ja auch gezeigt, dass ihm der Weg zur Oeffentlichkeit versperrt bleiben würde. Aber auch ohnedies ist die Ohnmacht in solchen Fällen die Regel. Die bezeichnete Erklärung wollte er nicht erlassen; denn mit ihr würde er, wie er mir ausdrücklich bemerkte, den ihm angedichteten Wahnsinn indirect anerkannt haben. Er verzichtete daher lieber auf seine ärztliche Praxis. Natürlich blieb von dem Vorfall in Heilbronn für immer etwas hängen, und da die sogenannten Autoritäten selbstverständlich ein grosses Interesse hatten, ihre Unfehlbarkeit aufrechtzuerhalten, so musste er es auch später immer wieder erfahren, dass man ihn als Verrücktgewesenen und als einen, mit dem es danach auch wohl nicht ganz richtig sein könne, gelten liess.

4. Robert Mayer bewies nun durch weitere Veröffentlichungen geistvoller Arbeiten, durch gelegentliche Vorträge über sein physikalisches Specialgebiet und durch Herausgabe seiner gesammelten Schriften, die in einem mässigen Bande unter dem Titel „Mechanik der Wärme“ 1867 in erster und 1874 in zweiter Auflage erschienen, nicht blos die Gesundheit, sondern auch die frische Regsamkeit seines Geistes. Noch 1876 veröffentlichte er, der, vom Leben stark mitgenommen, bei seinem Alter füglich

mit der Kraft schon hätte am Ende sein können, einen physikalisch physiologischen Aufsatz über Auslösung, der von der Originalität und Frische seines Geistes zeugte und in dem sich, nebenbei bemerkt, eine, freilich nur für den Kenner der Angelegenheit voll und ganz verständliche Andeutung über Irrenhauspraxis und Zwangsstühle findet. Mayer hatte sich bei der ihm eignen Passivität, die ihn äusserlich mehr zum Dulden als zum Handeln geneigt machte, auch später nie dazu entschlossen, selbst für sich bezüglich der Wahnsinnsandichtung aufzutreten. Er hätte, nachdem sein Weltruf allmälig zu erwachsen angefangen, allerdings mit Aussicht auf moralischen Erfolg etwas Derartiges unternehmen können. Aber theils seine Temperamentsbeschaffenheit, theils der beständige Einfluss seiner officiösen und autoritären Umgebung sowie auch die Rücksicht auf das Verhältniss, in das er sich bei eigner Wahrnehmung der Sache hätte zu seiner Familie setzen müssen, haben ihn gehindert. Wohl aber wünschte er, dass durch einen Dritten seine Sache zur Sprache gebracht und ein Protest gegen die Andichtung des früheren Wahnsinns erhoben würde. Nun habe ich ihm dies bei den oben erwähnten Unterredungen in Wildbad versprochen, jedoch unter Hinweisung darauf, dass ich von meiner ehemaligen Praxis als Jurist her nur zu wohl mit den Schwierigkeiten solcher Unternehmungen vertraut wäre und unmöglich alle Personen, die er mir genannt hatte, kritisiren könnte. Es wären Hofraths- und Medicinalrathssippen dabei jetzt unerheblich, sowie überhaupt die kleinländischen Verhältnisse dabei ganz gleichgültig; aber, nach Berlin zurückgekehrt, würde ich die Sache in energischen Angriff nehmen.

In einem meiner ersten öffentlichen Berliner Vorträge über die Verfolgung bahnbrechender Wissenschaftsgrössen durch die Handwerksgelehrten, die Ausgangs October 1877 gehalten wurden, schilderte ich mit besonderer Ausführlichkeit auch die Schicksale Mayers, wie sie oben dargestellt wurden. Er empfing darüber einen zuverlässigen Zeitungsbericht, der zum Theil wörtlich, und namentlich über den angedichteten Wahnsinn sowie über die fortdauernden wissenschaftlichen Verkleinerungsversuche, meine Aeusserungen wiedergab. Aus einem bald darauf an mich gerichteten Brief Mayers vom 7. December 1877 muss ich Einiges anführen, weil es sich auf die hier dargestellten Verhältnisse bezieht. Er schreibt:

„Gestern habe ich endlich einen ausführlichen Brief an Herrn Dr. Heinrich Rohlfs in Göttingen fertig gebracht, der schon vor Monaten an mich wieder geschrieben und sich dabei erkundigt hat, was ich von der „Dühringschen Angelegenheit halte“. Ich schrieb ihm, ich hätte die von ihm gewünschte Autobiographie bis jetzt noch immer nicht fertigen können, da ich die Angelegenheit mit den Irrenhäusern und Zwangsstühlen (vgl. meine Schrift über Auslösung) weder verschweigen noch selbst erzählen wollte. Nun sei aber durch Freund Dühring, den ich in Wildbad aufgesucht und persönlich kennen gelernt, geholfen, indem derselbe in seinem Vortrage vom 30. Oct. zu meiner grossen Freude und ganz in meinem Sinne von den ihm in Wildbad gegebenen Notizen Gebrauch gemacht habe, und Sie werden ohne Zweifel gern bereit sein, ihm das Nähere hierüber für seine Geschichte der Deutschen Medicin mitzutheilen. — Von meiner genussreichen und mir unvergesslichen Tour ins Wildbad und ihrem Zwecke habe ich natürlich kein Geheimniss gemacht, habe aber recht deutlich gesehen, dass diese kleine Reise vor den Augen officieller und officiöser Personen keine Gnade gefunden hat. Wie Schade dass ich nicht vorher angefragt! Still lächelnd habe ich bei mir gedacht: der einzige Dühring ist mir lieber, als viele Professoren — wenn auch manchmal mit noch so langen Ohren. Da Jedermann weiss, dass ich ein Narr bin, so hält sich auch Jedermann für berufen, eine geistige Curatel über mich auszuüben“.

Man sieht aus diesen Briefstellen, wie Robert Mayer Herrn Rohlfs, anstatt ihm eine längst und wiederholt erbetene Selbstbiographie zu liefern, an mich verwies, um nicht selbst in der Wahnsinnsangelegenheit schreiben und dabei energisch die Initiative ergreifen oder aber, wenn er dies nicht that, sich etwas vergeben zu müssen. Auch kann man aus seiner weiteren Bemerkung entnehmen, dass er officiösen und autoritären Einflüssen gelehrter und ungelehrter Art vermittelst seiner Umgebung und sogenannter Freunde stark ausgesetzt war. Nicht blos das Handwerksgelehrtenthum, sondern auch sonstige an seiner Bevormundung interessirte Sippen hatten seine Reise zu mir von vornherein mit Besorgniss betrachtet. Sie hatten nicht ohne Grund angenommen, dass ich, der seit einer Reihe von Jahren für den persönlich Fremden wissenschaftlich eingetreten war, nun nicht blos darin bei weiterer Orientirung noch ent-

schiedener fortfahren, sondern auch Dinge vor die Welt bringen könnte, die sich sonst hätten umlügen und für immer begraben lassen. Ist doch noch unmittelbar nach dem Tode Mayers aus den Kreisen des Handwerksgelehrtenthums die Tagespresse überall mit anonymen Artikeln in Bewegung gesetzt worden, um die Wahnsinnsandichtungen und die auf Verkleinerung berechneten wissenschaftlichen Entstellungen zu colportiren und im Gefühl der Sicherheit vor dem eignen Widerspruch des Verstorbenen mit neuen ebenso frechen als billigen Zusätzen zu vermehren! Seine eigne Stimme, die sich aus den angeführten Gründen sonst nie hatte vernehmen lassen, redet nun wenigstens aus seinem Briefe und durch meine Wiedergabe seiner Mittheilungen. Das Publicum kann nun sein Schicksal beurtheilen. Vom Grössenwahn ist dem Forscher die Grösse zugefallen und den hölzernen Gestellen von professoralen Physikgelehrten der Wahn als Erbstück verblieben. Noch bis in sein letztes Lebensjahr hatte er in seinem kleinen Finger mehr geistige Lebendigkeit, als eine ganze Schaar jener Professorgestelle in ihren gesammten Köpfen; die letztern mögen sich an ihm reiben und ihn benagen; sie werden seine Grösse auf die Dauer nicht kleiner machen, sondern im Gegentheil wird der Contrast des ebenso einfachen als genialen Mannes mit den erkünstelten und schöpferisch unfähigen Figuren und Gelehrsamkeitspuppen, die mit seinen Garderobenstücken ihre Toilette gemacht haben, immer deutlicher hervortreten. Freilich hat Robert Mayer diesen vollen Triumph seines Geistes mit einem bittern Schicksal erkaufen müssen; aber die Führung von Angelegenheiten, welche der Wissenschaft und Menschheit in höchstem Maasse dienen, bringt nun einmal die Nothwendigkeit mit sich, Alles daranzusetzen und nöthigenfalls das, was sonst als Lebensglück gilt, zu verlieren. Ohne die Schriften jenes Mannes würde der modernste Theil der gegenwärtigen Physik noch heut als nicht existirend zu betrachten sein; denn was in dieser Gattung sonst vorhanden ist, bleibt noch immer hinter seinen Leistungen zurück. Erst die Zukunft wird die Früchte seiner Arbeiten vollständig einernten. Aus diesem Grunde ist es aber auch nicht überflüssig, der geflissentlichen Verwirrung entgegenzuarbeiten, mit der das Publicum besonders im letzten Jahre und ganz frisch wieder nach dem Tode des Mannes durch falsche Ausstreuungen von Seiten der Gelehrtencoterien heimgesucht wurde.

5. Im Vertrauen darauf, es sei das weitere Publicum nicht in der Lage, die Anführungen und Berufungen selbst zu prüfen, hat man jüngst behufs wissenschaftlicher Verkleinerung Mayers und behufs Ablenkung der Aufmerksamkeit von den eignen Plagiaten zu Mitteln seine Zuflucht genommen, die sich sofort als lächerliche Albernheiten offenbaren, sobald ein Sachverständiger sich nur die Mühe giebt, näher zuzusehen. Obwohl derartige Betisen zu Hunderten zu fabriciren wären, so muss ich doch die eine, die man zunächst gewählt hat, erwähnen, weil hiebei Deutscher Export mit dem Wiederimport von England her zusammenspielte. Ein untergeordneter Englischer Physikprofessor Namens Tait, der auch zur Kameradschaft des Herrn Helmholtz gehört, brachte neustens in Vorlesungen, von denen für ihn auch eine Deutsche Uebersetzung veranstaltet wurde, eine Behauptung vor, die bei näherer Besichtigung zwischen dem Eindruck des Komischen und des Mitleids mit ihrem eigentlichen Urheber schwanken lässt. Mayer soll nämlich versäumt haben, einen gewissen Friedrich Mohr, der in Liebigs Annalen von 1837 „Ansichten über die Natur der Wärme“ producirte, als Vorgänger zu nennen. Schlägt man nun diesen Artikel nach, so findet man inmitten von allerlei Unrichtigem und von wunderlich verkehrten Rechnungen auch das grade Gegentheil von Mayers Vorstellungen, aber nicht die geringste Spur von irgend einer Verwandtschaft oder Uebereinstimmung, mag man nun im Allgemeinen nach der Kraftunzerstörlichkeit oder im Speciellen nach mechanischer Arbeit der Wärme fragen. Von beiden Begriffen hatte der Verfasser des Aufsatzes keine Ahnung, und er klaubte nur an der durch die Mellonischen Versuche über die strahlende Wärme wieder nähergerückten, Jahrhunderte alten Vorstellung herum, dass die Wärme überhaupt Bewegung sei, — eine Vorstellung, die, nebenbei bemerkt, von Mayer grundsätzlich für die nichtstrahlende Wärme verworfen wurde.

Ueberhaupt ist die Orientirung über das, was der Heilbronner Arzt für die Wissenschaft der Physik geleistet und was er dabei zuerst und ausschliesslich in Anspruch zu nehmen hat, nicht schwer, wenn man nur gehörig zusehen und die in Frage kommenden Bestandtheile der Sache scharf unterscheiden will. Da ist, um mit dem Handgreiflichsten und zugleich Wichtigsten anzufangen, zuerst die Zahl selbst, durch welche das mechanische Aequivalent der Wärme ausgedrückt wird. Diese Zahl ist zu-

erst von Mayer veröffentlicht worden; sie war das Ergebniss einer Rechnung, deren Methode nur durch geniale Schlüsse aufgefunden werden konnte. Nun ist nur noch eine Person vorhanden, die einige Zeit nach Mayers Veröffentlichung diese Zahl weiter bekannt machte, nämlich Herr Joule. Dieser ist der Spätere und kann nur das Verdienst in Anspruch nehmen, noch eine Anzahl erläuternder Experimente geliefert zu haben. Uebrigens ist Niemand vorhanden gewesen, der später mit der Aequivalentzahl als einer eignen Entdeckung auch nur mit dem geringsten Anschein hätte auftreten können. Eine andere Bewandtniss hat es dagegen mit dem zweiten und allgemeineren Bestandtheil der Mayerschen Leistung, nämlich mit der umfassenden Idee der quantitativen Unzerstörlichkeit und qualitativen Wandelbarkeit der Kräfte. Dies ist der Gedanke, der einem blossen Philosopheln, d. h. einem verschlechterten Nachphilosophiren, anheimfallen konnte, in welchem Herr Helmholtz denn auch seine Originalität bekundet hat, indem er die Mayersche Idee in verschlechterter Darstellung wiedergab und blos umgetauft unter dem Namen Erhaltung der Kraft als selbstgefertigte Waare, aber wohlgemerkt fünf Jahre später, auf den Markt brachte. Robert Mayer sah mit Recht jenen mehr philosophisch gearteten Bestandtheil seiner Leistung als den minder bedeutenden an, und in der That hätte man auch noch Jahrhunderte über Kraftunzerstörlichkeit resultatlos streiten können, wenn nicht die Aequivalentzahl den quantitativen und eben nur durch die Grössenbestimmtheit schlüssigen Beweis des Grundgedankens geliefert hätte.

Nach Unterscheidung jener beiden Bestandtheile ist es nun auch leicht, die Manieren und Wendungen zu durchschauen, die zur Verkleinerung des Entdeckers prakticirt worden sind und werden. Die Hauptwendung besteht darin, die greifbare und unverfälschbare Hauptthatsache, nämlich die Aequivalentzahl, geflissentlich bei Seite zu schieben, als käme so etwas gar nicht in Frage, und statt dessen von allerlei vagen Ideen zu reden, die zum Theil Jahrhunderte alt sind. Anstatt jenen zweiten Bestandtheil, nämlich die Unzerstörlichkeit und Wandelbarkeit der Kräfte, nur in seiner vollen Bestimmtheit und im Zusammenhang mit der von dieser Bestimmtheit unzertrennlichen Aequivalentzahl in Frage zu bringen, unterhält man das Publicum mit ganz nebelhaften Vorstellungen, wie z. B. dass Wärme Bewegung sein

solle, oder mit richtigen, aber schon sehr alten Gedanken, wie demjenigen von Huyghens, dass das, was von Leibniz mit dem Namen lebendige Kraft getauft wurde, sich erhalte. Der Spielraum für schweifende Allgemeinheiten ist hier sehr gross, und es ist nicht schwer, ein nicht völlig sachverständiges und nicht speciell orientirtes Publicum mit allerlei geflissentlichen Verwechselungen zu täuschen. Wer aber einmal die einschlagenden Unterschiede aufgefasst hat, wird jenen Irreführungen nicht mehr anheimfallen und das Recht wie die Eigenart wirklicher Forscher nicht mit der Manier und den Anmaassungen untergeordneter Glossirer vermengen.

Was man heut gewöhnlich mechanische Wärmetheorie nennt, ist eine Mischung von Mayerscher Wärmemechanik und von Ausspinnungen der alten Bernoullischen Hypothese von den Molecülstössen. Der erstere Bestandtheil ist das, was an der Sache gewiss ist und trotz aller Verzerrungen und Umhüllungen doch noch immer den einzigen soliden Kern bildet. Der andere Bestandtheil ist theilweise so wüst und verworren behandelt worden, dass Daniel Bernoulli, wenn er die kleinen Bernoulliker von heute bei ihrem unsäglichen Formelkram sähe, zuerst lachen, aber nach näherer Besichtigung ihrer Hantirungen sich mit Ekel von dem schaalen Treiben abwenden würde, durch welches noch nicht eine einzige erhebliche und erfahrungsmässig controlirbare Wahrheit beschafft worden ist. Ein Chorführer dieser Bernoulliker, die das äusserste Gegentheil von der einfachen und klaren Art und Weise des alten Mathematikers repräsentiren, Herr Clausius, hat die Wärmemechanik mit seinen Tausenden von Formeln, die den Mangel an deutlichen und soliden Gedanken schlecht ersetzen, so verschränkt, dass unter allen diesen Clauseln das ursprüngliche und natürliche Recht der Sache nicht mehr zu erkennen ist. Derartig verclausulirte oder vielmehr verclausiulirte Gas- und Dampftheorien sind freilich des genialen Urhebers der Wärmemechanik nicht würdig und dienen nur dazu, die von ihm entlehnten und darin aufgenommenen Wahrheiten zu verbergen und zu verdunkeln. Sie können daher nicht einmal dafür gelten, das bereits Errungene in leidlich brauchbarer Gestalt verbreiten zu helfen, — geschweige dafür, es im Sinne einer gediegenen, auf die Erfahrungsthatsachen achtenden Physik weiter nutzbar zu machen.

6. Die Physik bleibt nur dann gediegen und ihrem Ur-

sprung von Galilei her treu, wenn in ihr einfache Gedanken, durchsichtige Rechnungen und wohlbeobachtete Thatsachen zusammenwirken. Von diesen drei Bestandtheilen ist nun besonders im letzten Menschenalter der mittlere zur Caricatur entartet. Er ist durch mathematische Scholastik verdrängt, und von denen, welche das Stroh dieser Scholastik dreschen, werden natürlich weder die fördernden Gedanken noch die controlirenden Thatsachen gepflegt. Man formelt ins Blaue hinein und hütet sich, die Frage nach der Bestätigung der blossen Buchstabenrechnerei zur Richtschnur zu nehmen. Im Gegentheil betritt die algebraische Hantirung mit Vorliebe diejenigen Felder, wo sie überhaupt von bereits beobachteten Thatsachen nicht in Schranken gehalten und nicht zur Ordnung gerufen werden kann. Sie verstösst soviel als möglich gegen den ersten Grundsatz eines gediegenen Verhaltens, der darin besteht, nur da zu rechnen und nur da algebraischen Schlüssen nachzugehen, wo die Ergebnisse direct oder wenigstens indirect durch die vorhandenen oder demnächst beschaffbaren Beobachtungs- und Versuchsthatsachen eine Bestätigung oder Widerlegung erfahren können. Wo eine derartige Controle nicht zur Hand ist, kann blosses Geflunker sich breitmachen und können diejenigen Charaktere, die nicht auf Solidität angelegt sind, ihr wissenschaftliches Wesen oder vielmehr Unwesen treiben. Seit einer Reihe von Jahren habe ich auf diesen modernen Missstand, der im Handhaben des Scheincalcüls besteht, aufmerksam gemacht und diese wissenschaftliche Entartungserscheinung mit der scholastischen Rolle der Logik im Mittelalter verglichen. Ja es ist nicht blosse Scholastik, sondern sogar algebraische Metaphysik, die auf diese Weise die Wissenschaft unsicher macht und den Studirenden zum Narren hält. Metaphysik beginnt da, wo die Natur und das Wirkliche aufhören. Sie ist ein Erdichtungsreich, welches nicht etwa erst mit den Jenseitszeugungen der Räume von absurden Mehrdimensionen und den zugehörigen neuen Geometrien des Ungereimten, die beide Herr Helmholtz ja auch entdeckt haben will, bevölkert zu werden braucht, sondern auch schon auf dem unmittelbaren Boden der Physik mit den Diesseitsstrudeln verworrener Köpfe vollauf gefüllt werden kann. Letzteres ist nun im reichen Maasse in den letzten Jahrzehnten und zwar nicht blos bezüglich der Wärmemechanik geschehen. Auch in andern Richtungen ist ein physikalisches Gebahren Mode geworden, welches in der Betre-

tung eben jenes Abweges seinen Grund hat. Am Schluss der 2. Auflage meines mechanischen Werks habe ich in einer Anleitung zum Studium der Mathematik und der zugehörigen Wissenschaften den fraglichen Zustand in seinen wesentlichen Grundverhältnissen gekennzeichnet. Aber obwohl ich dort noch nicht einmal specieller auf Physik und Chemie eingegangen bin und mich auf eine kurz gefasste Signalisirung der Hauptübelstände beschränkt habe, so hat diese gedrängte Skizze doch hinreichend gewirkt, um mir die giftigste Gelehrtenrancüne und sogar materielle Verfolgungsacte zuzuziehen. Ich hatte es in jener Skizze vorausgesagt, dass Jemand, der die jüngste Geschichte des fraglichen Gebiets mit Kritik schreiben wollte, „in die Lage käme, so viele Tagesautoritätchen zu verletzen, dass er dabei, wenn er keinen andern Rückhalt als sein Buch hätte, seines wissenschaftlichen Lebens nicht mehr sicher sein würde“. Obwohl ich nicht im Entferntesten beanspruchte, eine solche Geschichte geschrieben zu haben, sondern mich auf eine allgemeine Bezeichnung der sachlichen Hauptpunkte für eine künftige Geschichtsschreibung beschränkt hatte, ist dennoch nicht etwa blos meinem wissenschaftlichen Leben nachgestellt, sondern auch, was sich leichter thun liess, meine materielle Existenz durch Vertreibung von der Berliner Universität angegriffen worden. Die besondern Umstände dieser Vertreibung gehören nicht ausführlich in den Zusammenhang dieser Schrift und werden anderwärts von mir gehörig beleuchtet werden; aber die Nachstellungen nach dem wissenschaftlichen Leben, also die Proceduren, die man in Scene setzte, um mich als Denker, Forscher und Schriftsteller herabzuwürdigen, stehen in zu intimer Beziehung zu dem, was ich in der exacten Wissenschaft vertrat und vertrete, und sind zugleich ein zu lehrreicher Belag für die Verbreitungsschwierigkeiten exacter Wahrheit, als dass ich diese feindlichen Velleitäten hier übergehen könnte. Hatte doch auch die Sache Robert Mayers die nächste Veranlassung gegeben, wenn sie auch keineswegs als zureichende Ursache gelten kann; denn meine Kritik im Gebiet der exacten Wissenschaften, von derjenigen in andern Gebieten gar nicht zu reden, war auch sonst und im Allgemeinen den professoralen Tagesautoritätchen äusserst unbequem.

Die 2. Auflage meiner mechanischen Preisschrift, sowie auch jene kleine Schrift, in welcher an zweiter Stelle die Lehrweise der Universitäten beleuchtet wurde, war bereits im Herbst 1876

erschienen. Aber erst nach nahezu drei Viertel Jahr kam die Berliner Professorenschaft dazu, mit dem Verfahren zu meiner Vertreibung zu beginnen. Sie hatte inzwischen nicht blos die wissenschaftlich unbequemen Wirkungen des Buches im Publicum wahrgenommen, sondern auch einige Zeit nöthig gehabt, um Hülfsvorkehrungen zu treffen und namentlich die Göttinger Professorenschaft gegen mein mechanisches Werk zu einer Erklärung zu veranlassen, die als Zurücknahme des sehr unbequemen, vor Kenntniss des Namens des Verfassers ausgesprochenen Preisurtheils von 1872 gelten konnte. Diese Erklärung, die in verschiedenen Blättern amtlich veröffentlicht wurde, lautete: „Herr Dr. Dühring hat seine Geschichte der Principien der Mechanik, welcher wir den Preis der Benekestiftung zuerkannt hatten, in zweiter Ausgabe veröffentlicht. Auf die Vorreden beider Ausgaben und auf die theils eingeschalteten theils angefügten Zusätze der zweiten hat unser Urtheil, welches auch dieser zweiten Ausgabe vorgedruckt ist, keine Beziehung. Göttingen, den 28. Februar 1877. Der Decan etc.“ Obwohl ich von dieser Erklärung später gehört hatte, so war ich doch zu sehr an gelehrte Manöver gegen die Verbreitung meiner Schriften gewöhnt, um es, da ich für den Absatz des Buches seitens einer derartigen Erklärung nichts befürchtete, der Mühe werth zu halten, sie auch nur zu lesen oder mir gar, wenn auch nur in einem einzigen Blatte, die Kosten eines Gegeninserats aufzuerlegen. Als aber im Mai die Berliner Facultät mit der Einleitung meiner Vertreibung vorging, erkannte ich sofort das Zusammenwirken der beiderlei Professorenschaften, sah jene Erklärung darauf an und antwortete im „Literarischen Centralblatt“ folgendermaassen: „In einer mir erst jetzt zu Gesicht gekommenen Annonce vom 17. März c. im „Lit. Centralblatt“ unterstellt mir die Göttinger philosophische Facultät, in der 2. Aufl. meiner „Geschichte der Principien der Mechanik“ durch Abdruck des lobpreisenden Facultätsurtheils eine Verantwortlichkeit der Facultät für die Vermehrungen und umgearbeiteten Theile in Anspruch genommen zu haben. Nun ist das Urtheil einfach historisch der ersten Entstehungsgeschichte des Buches einverleibt, also der Facultät die Ehre einer solchen Verantwortlichkeit nie zugemuthet. Bezüglich des Ganzen verzichte ich aber auch gern auf die Verantwortlichkeit der Facultät. In der Augsb. A. Ztg. ist es ja einem meiner Gegner, der sich eine kleine Geistreichelei

nicht verhalten konnte, gelegentlich entschlüpft, dass es, wie einst der Akademie von Dijon mit Rousseau, so der Universität Göttingen mit mir ergangen sei, nämlich eine Klaue zu prämiiren, ohne den zugehörigen Löwen zu kennen. Auch ich habe von vornherein gewusst, dass das ungewöhnliche Lob nicht meiner Person galt, was den Werth der Arbeit wohl ebensowenig mindern wird, als der jetzige Versuch einer Art von Zurücknahme, zumal ja vor dieser Zurücknahme der Hauptbeurtheiler, der alte solide Physiker W. Weber, bereits Göttingen verlassen hatte. Berlin, im Mai 1877. E. Dühring.“ Hiemit war den Göttinger Professoren jede Verbindlichkeit gebührend quittirt und es zugleich öffentlich festgestellt, wie das Publicum und ich das Preisurtheil um so mehr zu schätzen hätten, als es von der Facultät auch ursprünglich nicht mit sondern wider Willen abgegeben war und aus Unkenntniss der Person auch einmal zufällig und ausnahmsweise die Sache und Leistung zur Richtschnur genommen hatte. Die Berliner Professoren haben in den von ihnen und ihren Leuten bedienten Blättern während der Affaire meiner Vertreibung nicht nur von der Zurücknahme des Göttinger Urtheils, sondern auch noch davon sprechen lassen, dass die Vorstellungen und Anreizungen zu einem Vorgehen gegen mich ihnen wiederholt und immer dringender von Göttingen zugekommen seien. Man hat dagegen richtig bemerkt, es dürften diese Göttinger Anregungen wohl „bestellte Arbeit“ gewesen sein. Die Cooperation steht fest; wer dabei die Initiative ergriffen und den Andern vorgeschoben, ist nicht minder deutlich, da es den Berliner Professoren der Oeffentlichkeit gegenüber sehr schwierig erschien, ein mathematisches Buch, auf welches eine andere Facultät ihren Stempel gedrückt hatte, zum Hauptgrunde meiner Vertreibung dienen zu lassen. Ist letztere nun auch gelungen, so ist damit doch das Publicum nicht von dem Unwerth meines Werks und meiner Leistungen überzeugt worden, sondern hat im Gegentheil denselben und namentlich auch speciell der mathematisch mechanischen Schrift eine in reichlichem Absatz erkennbare Aufmerksamkeit zugewendet. Die Kenntnissnahme von den Gefahren und Schädigungen, denen wahre Darstellungen der wissenschaftlichen Angelegenheiten auch im Bereich von Mathematik und Physik ausgesetzt sind, hat überhaupt im Sinne der Freiheit des wissenschaftlichen Bewusstseins wohlthätig gewirkt, und aus diesem Grunde kann es auch nur nützen, wenn auch

noch andere Wendungen, mit denen man die gediegene Wissenschaft und Kritik zu verrufen und über Seite zu bringen suchte, dem öffentlichen Urtheil blosgestellt werden.

7. Die Berliner Professoren wussten nicht recht, wie es anfangen, um mich, zur Unterstützung ihres dem Publicum auffälligen Vorgehens, in der öffentlichen Meinung wissenschaftlich zu verrufen. Sie waren schon lange in Verlegenheit gewesen. Zwei Jahre früher hatten sie bei einem ähnlichen Versuch erprobt, wie das Publicum eine gute Meinung von mir hatte, und wie dieser gegenüber damals meine Vertreibung nicht von Statten ging. Sie hatten sich inzwischen bemüht, jeden journalistischen Beistand, den ich in den ihnen erreichbaren Blättern etwa finden möchte, mit ihrem Einfluss zu hintertreiben. Diejenigen von der politisirenden Spielart, die, wie namentlich Herr Virchow, durch Parteiverbindungen und Verfügung über Zeitungen dem Mangel wissenschaftlicher Verdienste künstlich abhelfen, waren die richtigen Leute, um mit dem Instinct der engherzigen Unfähigkeit gegen einen Forscher und Denker zu intriguiren, der nicht nur die Wahrheit sondern auch die Freiheit der Wissenschaft gegen blosse Faiseurs vertrat. Herr Virchow, als einer der Führer der sogenannten Fortschrittspartei, hatte den entscheidenden Hauptorganen dieser Richtung die Loosung gegen mich längst ertheilt. Die nationalliberalen Organe aber waren herkömmlich ausgesprochene Depots der ja ihrer Partei am meisten angehörigen Professorenwelt. Dazu kam noch, dass seit einigen Monaten das Hauptorgan der socialdemokratischen Presse mit der giftigsten Feindschaft und in der verlogensten Weise mit einer langen Reihe von Artikeln gegen mich aufgetreten war. So glaubten mich die Professoren völlig isolirt und den Zeitpunkt gekommen, mich vielleicht ganz in der Stille zu beseitigen. Im ersteren Punkt hatten sie Recht, aber im letzteren hatten sie sich gewaltig geirrt. Ich hatte mit wenigen Funken, die ich noch anzuschlagen vermochte, hinreichend Feuer und Licht gemacht. Ein kleiner Zünder, der in ein paar Zeitungen geworfen wurde, war das Signal geworden, das Publicum zu alarmiren und die Presse Deutschlands, ja bald auch auswärtige Blätter in Bewegung zu setzen. Die Professoren, namentlich die politisirenden, mussten nun auf diesem Boden operiren, den sie, wenn es irgend gehen will, in ihren, das Licht scheuenden Universitätsangelegenheiten gern meiden. Ihren hundertarmig verzweigten Einflüssen gelang

es diesmal bald, den grössten Theil der Presse durch ihren Anhang mit mir feindlichen Artikeln bedienen zu lassen. Einzelne schrieben anonym selbst gegen mich; meistens schickten sie aber Leute aus ihrem Anhange mit Artikeln und Feuilletons vor.

Eines dieser Feuilletons, welches in der „Nationalzeitung", dem so zu sagen officiellen Organ der Berliner Professoren, erschien, machte sich nicht nur durch die unterschriebene Person, die dem Anhang des Herrn Virchow angehörte, sondern auch durch Abdruck von Stellen eines Privatbriefs des Herrn Helmholtz an den oben erwähnten Englischen Professor Tait kenntlich. Es enthielt lauter Eingebungen und Parolen der mir feindlichen Professoren und war besonders darauf berechnet, nicht nur überhaupt meine wissenschaftlichen Leistungen, sondern auch speciell mein mechanisches Werk bei dem Publicum zu verleumden. Die Insinuation des Grössenwahns fehlte selbstverständlich nicht. Meine Werke könnten sämmtlich gestrichen werden, ohne dass die Wissenschaft etwas verlöre; auch meine mechanische Arbeit sei trotz der Göttinger Krönung, durch die sich die dortige Facultät nicht mit Ruhm bedeckt habe, doch nur das Werk eines Dilettanten, welches nur dem Laien imponiren könne, u. s. w. Eine Anzahl Studirender übergab eine mit ihren Namen unterschriebene Berichtigung dem Redacteur der Nationalzeitung, der sie jedoch, obwohl er nicht blos anstandshalber sondern von Rechtswegen zur Berichtigung verpflichtet war, seinem Publicum vorenthielt und auch selbst keine Silbe davon verlauten liess, wie arg die Auftraggeber seines Feuilletonisten mit ihrem Angriff auf mein mechanisches Werk hineingerathen waren. Dafür hatten aber einige andere Blätter die betreffende Abfertigung zum Abdruck gebracht. Sie lautete:

„Im Feuilleton der Nationalzeitung vom Sonntag den 1. Juli liefert ein Herr P. Boerner einen Artikel, in dem er sich die gröbsten Schmähungen gegen Herrn Dr. Dühring erlaubt und auch das Verhalten der für Herrn Dr. Dühring eintretenden Studenten herabwürdigt.

„Wir halten es unter unserer Würde, dem Feuilletonisten der Nationalzeitung, der sich als völlig fach- und sachunkundig erweist, im Einzelnen zu antworten. Da sich aber die ihm eigenthümliche Dreistigkeit dazu verstiegen hat, das Dühringsche Werk über Mechanik ein dilettantisches zu nennen und so ein Buch, von dem er nicht das A B C versteht und welches ausser

dem Urtheil des berühmten Göttinger Physikers Wilhelm Weber auch einen Weltruf für sich hat, sammt allen übrigen Dühringschen Werken gemüthlichst aus der Geschichte der Wissenschaften streichen zu wollen, so stellen wir wenigstens eine seiner Behauptungen blos. Der Betreffende sagt:

„„Selbst die preisgekrönte Geschichte der Principien der Mechanik nehmen wir nicht aus; der wahre Kenner dieser Materie ist nicht Herr Dühring, sondern Dr. Gerhard Berthold, ein praktischer Arzt, wie der Heilbronner Mayer, von dem wir in dem Münchener Sammelwerke, Geschichte der Wissenschaften in neuerer Zeit, die „Geschichte der Physik“ zu erwarten haben, nach deren Erscheinen es erst offenbar werden wird, wie wenig es Herrn Dühring gelungen ist, sein Ziel zu erreichen.““

„Herr Boerner sagt, dass von Mayer ein solches Werk zu erwarten sei, wollte aber sagen, dass Herr Berthold es liefern werde. Ob wir, die wir einst einen Schulcursus im Deutschen durchgemacht haben, die Zurechtsetzung des sinnentstellenden Deutsch des Herrn Boerner als thatsächliche Berichtigung geltend machen dürfen, mag ohne Präjudiz für das Obertribunal, sinnumkehrende grammatikalische Schnitzer unter § 11 des Reichspressgesetzes zu subsumiren, dahingestellt bleiben. Die physikalisch geschichtsschreibende unbekannte Grossmacht aber, die im Dienste der Münchener Akademie einen Dühring vernichten soll, richtete an eben diesen Dühring unterm 7. November v. J. folgendes Schreiben:

„„Hochgeehrter Herr! Mit Spannung nahm ich die zweite Auflage Ihrer von mir hochgeschätzten Kritischen Geschichte der Principien der Mechanik in die Hand, indem ich darin ein näheres Eingehen auf physikalische Fragen zu finden hoffte, woraus mir ein unmittelbarer Nutzen für eine Geschichte der Physik erwachsen wäre, mit deren Abfassung ich beschäftigt bin. Da aber aus vielen Einzelheiten erhellt, dass Ihnen die Geschichte der Physik ebenso geläufig ist, wie die der Mechanik, so bitte ich um Ihren gütigen Rath, wozu mich noch besonders der Passus auf Seite 550 Ihres Buches veranlasst, es könnte heute noch Historiker geben, welche von einer Physik von Galilei bis auf Helmholtz reden. Ich bemerke nun zunächst, dass es sich für mich um eine pragmatische Geschichte der Physik seit 1687 handelt, welche einen Theil der von der Akademie in München veranlassten Geschichtswerke bilden wird.““

„Hier folgt nun zur Geschichte der Physik eine Perioden-

eintheilung, die nach der Dühringschen Mechanik zugeschnitten ist und die uns, obwohl wir noch Studirende sind, doch sofort bei Einsichtnahme des Briefes als für die Geschichte der Physik unpassend erschienen ist. Der Briefschreiber hatte daher Grund, mit folgenden besondern Wünschen zu schliessen:

„„Es würde mir nun sehr erwünscht sein, Ihre Stimme in dieser wichtigen Frage einer rationellen Behandlung der Geschichte der Physik zu hören, und speciell Ihre Ansicht in Betreff der Eintheilung der Perioden kennen zu lernen. Dass es mir besonders erwünscht sein würde, wenn Sie mir einige Andeutungen geben könnten, wie die einzelnen Principien der Mechanik sich auch für die Physik als Ausgangspunkte neuer Einsichten und als Hülfsmittel des Fortschritts bewiesen haben, will ich noch ausdrücklich hinzufügen. Genehmigen Sie u. s. w. Dr. G. Berthold.““

„Weiteres brauchen wir nicht hinzuzufügen und können es dem Leser überlassen, die hohe Komik der Sache ohne Commentar zu geniessen. Er wird selbst beurtheilen, welche Gefahren Dühring von Herrn Paul Boerner und seinem dühringtödterischen Zukunftsorakel Dr. Gerhard Berthold drohen.“ Berlin, den 3. Juli 1877. Folgen die Unterschriften.

Herr Paul Boerner war nun freilich in der Sache ebenso namenlos und gleichgültig, wie jener Herr Otto Seyffer, der sich, wie wir oben dargestellt haben, mit seinem Gallimathias und seiner Warnung des Publicums vor einem sachunkundigen Dilettanten in der Augsb. Allg. Ztg. von seinen professoralen Hintermännern gegen Robert Mayer hatte aufspielen lassen. Die studentische Abfertigung, zu der ich das Material lieferte, galt nicht sowohl dem Feuilletonisten, einem Dr. med. und Literaten, den Leute wie Herr Virchow auf die naturwissenschaftlichen Congresse mit sich führen, um über ihre Thaten in die Zeitungen berichten und ihre Gegner schlecht machen zu lassen, — als vielmehr den professoralen Auftraggebern, die ihm, was er vorbrachte, eingeträufelt und ihn auch den erwähnten Helmholtzschen Privatbrief hatten abdrucken lassen. Die Berliner Professorenschaft der verschiedensten Fächer war dafür verantwortlich und hatte so für ihre Verrufungswendungen eines ihrer zum weitern Publicum dringenden Echos arrangirt, wie sie damals zu Dutzenden in den Blättern zu hören waren, aber doch nicht immer gleich deutlich und gleich absichtlich ihren Ursprung anzeigten. Das

Machwerk in der Nationalzeitung sollte dem Publicum so recht als aus den Fachkreisen stammendes Gelehrtenurtheil imponiren. Aus diesem Grunde war die Ausspielung eines Dr. Berthold und seiner künftig gegen mich zu verrichtenden Thaten ein so humorerregendes Stückchen. Herr Helmholtz und die Andern hatten offenbar nicht gewusst, dass derjenige, den sie mir bezüglich meines mechanischen Werks als den „wahren Kenner dieser Materie“ vorhalten liessen, und auf dessen künftige Schrift zu meiner Ueberwindung sie bereits einen Wechsel zogen, sich an meine eigne Kennerschaft, und zwar nicht blos in Mechanik, sondern auch speciell in Physik, adressirt hatte, um die Zahlung für diesen Wechsel zu beschaffen. Dieser Trumpf der Handwerksgelehrten gegen mein „dilettantisches“ Buch fand sich doch gar zu stark abgetrumpft. Solchen Gebahrungen gegenüber wäre es am Platze, etwas davon zu reden, dass die sogenannten Dilettanten und an Grössenwahn Leidenden, also Leute wie Robert Mayer und ich, eben das hervorbringen, was dann die Handwerksgelehrten von der Art des Herrn Helmholtz nur wiederkäuen. Jedoch ist es hier nicht meine Absicht, in die Wissenschaftsgeschichte oder gar in die Gegenwart noch weiter einzugehen und das Capitel von der bewährten Schöpfernatur der sogenannten Dilettanten d. h. der unzünftigen und vom Zunftgeist freien Forscher einerseits und von der Unfruchtbarkeit der professoralen Handwerksgelehrten andererseits ausgiebig zu illustriren. Ich habe dies in andern Schriften für die verschiedensten Wissenschaften gethan, und das Ergebniss hat stets darin bestanden, dass die echten Förderungen der Wissenschaft nicht von den Zunft- und Handwerkspersonnagen, sondern von den freien Forschern, Denkern und Gelehrten ausgegangen sind. Diese aber wurden bei Lebzeiten und oft auch noch nach dem Tode von den Zünftlern als Dilettanten ausgegeben, nichtsdestoweniger aber von ihnen insgeheim reichlich benutzt, um erst später auch für die Wiederkäuungsmaschinerie der Handwerksgelehrten der jüngern Generation als anerkannte Grössen eine regelrechte und eingestandene Nahrung zu bilden.

8. Nach jener Abtrumpfung der Berliner Physikgelehrten und Mathematiker verlegten sich meine professoralen Feinde von den verunglückten wissenschaftlichen Verleumdungen zur Erreichung ihres Zwecks fast nur noch auf solche Unterschiebungen, die ausserhalb des wissenschaftlichen Gebiets lagen. Schon in

vorher veröffentlichten Schriften, namentlich in der zweiten Auflage vom Werth des Lebens, hatte ich darauf aufmerksam gemacht, dass die Professoren mich gern als Socialdemokraten oder gar als socialdemokratischen Agitator ausgaben, um mir die Zuhörer abspänstig zu machen. Jetzt kam es ihnen darauf an, mich vor dem weiteren Publicum, da sogenannte wissenschaftliche Herabwürdigungen zunächst nicht zureichen wollten, politisch gehässig zu machen und so meine Vertreibung in anderm Lichte erscheinen zu lassen. Sie hatten in dem theils studentischen, theils ausserstudentischen sogenannten Dühringcomité, welches aus etwa 15 Personen bestand, ihre Mouchards, von deren Absichten und Anträgen ich stets unterrichtet wurde, und mich zum Theil selbst unterrichten konnte, da ich die betreffenden Personen, über ihre Rolle wohlorientirt, nicht zu empfangen nach Lage der Sache unzweckmässig fand. Während die Spione nun mir gegenüber ihre eigentliche Absicht, meine Sache möglichst ostensibel zu einer socialdemokratischen Parteiangelegenheit zu machen, zu verhehlen und durch das Gegentheil zu maskiren suchten, manöverirten sie thatsächlich in dem erwähnten Sinne und nach Wunsch der Professoren. Hatte doch das officielle Organ der Berliner Professorenschaft, die Nationalzeitung, in Leitartikeln schon vor meiner thatsächlichen Entfernung und inmitten des Kampfes, mir einen Saal, der als Massenversammlungsort der Socialdemokraten bekannt war, als den Ort angewiesen, wohin ich gehörte! In der That schürten die Professoren nicht nur in diesem Sinne, sondern rechneten auch mit Bestimmtheit darauf, dass mich nach meiner Vertreibung die materielle Noth zwingen würde, mich in die Reihen der socialdemokratischen Partei zu begeben. Sie schmeichelten sich schon, auf diese Weise vor dem Publicum eine Scheinrechtfertigung mehr und zwar eine solche zu gewinnen, die bei dem Bürgerthum am meisten anschlüge. Sie schmeichelten sich auch schon, mich so am ehesten wissenschaftlich begraben zu sehen; denn die Unabhängigkeit von allen Parteien, in der ich meine wissenschaftlichen Arbeiten auf den verschiedensten und auch in den politisch ökonomischen Gebieten gehalten hatte, wäre natürlich mit einer solchen Wendung dahin gewesen. Es handelte sich nämlich nicht blos um die allgemeine, für reine Wissenschaft schon an sich unzuträgliche Gebundenheit an eine Partei überhaupt, sondern speciell an eine solche Partei, die zur Zeit mehr der chinesenhaften Gelehrsam-

keit professoraler und zünftlerischer Art dienstbar war, als etwa auf wirkliche Freiheit der Wissenschaft ausging, die ich bis dahin vertreten hatte und nun wohl am allerwenigsten preisgeben durfte. Die Professoren haben sich daher in diesem Punkte gewaltig verrechnet, dafür aber mit der Marxistischen Socialdemokratie, welche in ihrer theoretischen Ausstaffirung die reactionärste Erscheinung von der Welt ist, die wahlverwandte Bundesgenossenschaft gegen mich fester geknüpft und seitdem durch gegenseitig zugesteckte und für einander colportirte Verleumdungen, in denen Grössen- und Verfolgungswahn alltägliche Artikel waren, eifrig gepflegt. Diese Freundschaft zwischen den Wissenschaftschinesen innerhalb und ausserhalb der Socialdemokratie und deren Einigkeit gegen mich ist hochkomisch gerathen, hat aber wenigstens das Publicum darüber orientirt, dass meine Bestrebungen für Erweiterung und Freiheit der Wissenschaft von derjenigen Art sind, die sich um jeden Preis und mit allen Opfern unabhängig erhält. Es dürfte auch nicht schwer erkennbar sein, dass Jemand überall und auch in den mit der Politik zusammenhängenden Gebieten die unparteiliche und unabhängige Wahrheit sucht, wenn er durch die sein System ergänzenden physikalischen Nachforschungen und Aufschlüsse bekundet, wie das Schwergewicht seines ganzen Strebens und Lebens in der gediegenen auf reine Thatsächlichkeit ausschauenden Wissensbeschaffung liege.

Statt mit wissenschaftlichen Gründen waren die Professoren gegen mich mit der zünftlerischen Polizei, die sie ausübten, mit der Macht des Staats und mit Parteimanövern verfahren, um mich zu beseitigen und zugleich ihre Verleumdungen zu verbreiten. Mit solchen Mitteln suchte also auch Herr Helmholtz die Person aus dem Wege zu räumen, da er gegen die Sache nichts ausrichten und namentlich die ursprünglich vollständig versuchte und seit vielen Jahren nach Möglichkeit fortgesetzte Einverleibung der Mayerschen Verdienste mit all den Kleinigkeiten, die er jetzt nachträglich vorbrachte, nicht wegkünsteln konnte. Ein über die Gelehrtenmanieren wirklich Orientirter konnte wahrlich nicht durch eine acht Jahre verspätete Winkelanführung Mayers (von der oben gekennzeichneten Art) getäuscht werden. Kam doch inmitten meines Kampfes mit den Berliner Professoren eine wissenschaftliche That des Herrn Virchow an das Licht, die sogar noch etwas mehr geleistet zu haben scheint. Als nämlich Herr Virchow sein Leiborgan, die zu Berlin erscheinende

Vossische Zeitung, derartig mit Weisungen gegen mich versehen hatte, dass es fünfzig in Reih und Glied zu dem Redacteur gedrungenen Studenten kaum gelang, die Aufnahme von ein paar Adressen und Notizen zu erzielen, kam es in einzelnen Blättern zur Sprache, woher Herr Virchow zu seinen angeblichen wissenschaftlichen Verdiensten gelangt sei. Der bekannte Pariser Anatom Charles Robin hatte sich in seiner Anatomie et physiologie cellulaires (Paris 1873) die Mühe gegeben, ausführlich auseinanderzusetzen, was Englische Journale schon früher festgestellt hatten, dass Herr Virchow die Hauptgedanken seiner angeblich eignen Cellularpathologie dem Engländer Goodsir (aus dessen Anatomical and Pathological observations, Edinburg 1845) und zwar ohne die gebührende Anführung entnommen, später aber die Englische Uebersetzung seines Buchs obenein mit einer Widmung an Herrn Goodsir versehen habe. Was auf Deutschem Boden anging, hatte sich vor dem Englischen Publicum nicht ohne Weiteres ausführen lassen. Die Widmung war ein nachträgliches, auf das Englische Publicum berechnetes Verdeckungsmanöver, durch das Herr Goodsir nur noch um so mehr in Entrüstung versetzt wurde. In Deutschland hatte man bis dahin nicht blos im weitern Publicum, sondern auch in den ärztlichen Kreisen nichts von der Sache erfahren. Mir fällt es nun nicht ein, dieses, wenn auch noch so lehrreiche Musterbeispiel von Gelehrtenbenehmen und Gelehrtencharakter etwa sachlich weiter zu verfolgen. Ich habe nur darauf aufmerksam gemacht, um zu zeigen, wie es auch übelduftende Widmungen giebt und was nachträgliche nothgedrungene Scheinberücksichtigungen den Plagiirten gegenüber zu bedeuten haben. Uebrigens wird man hienach auch ermessen, gegen was für Leute und Mittel ich in meiner Universitätsangelegenheit zu kämpfen hatte. Ein pseudonymer langer Aufsatz der Revue des deux mondes über mich (vom 1. Sept. 1877), in welchem Herr Virchow sehr günstig hervorgehoben wurde, und den der Orientirte sofort als die Frucht eines Deutschen Exportgeschäfts erkennen musste, zeugt noch ausgiebig dafür, wie und durch welche Canäle die Entstellungen und Verleumdungen meiner Sache und Person sowie aller meiner wissenschaftlichen Bestrebungen in das Ausland gelangten. Derartiger Export ist von vornherein auf Wiederimport berechnet, um das eigne Publicum die angebliche Stimme des Auslandes hören zu lassen. In der That verfehlte auch die professorale

Nationalzeitung nicht, in Leitartikeln sich auf jenen Revueaufsatz zu berufen und aus demselben anzuführen, was ihr an Verleumdungen gegen mich am vorzüglichsten passte. Das war die Manier, gegen meine Vertretung der Wissenschaft und ihrer Freiheit anzukämpfen und, während man meinen wissenschaftlichen Ruf vergebens zu untergraben trachtete, wenigstens mit Entstellungen und Erdichtungen politischer Art etwas auszurichten. Dieselben Leute, von denen diese Verunglimpfungen betrieben wurden, hatten dann auch noch die Stirn, öffentlich über die Freiheit der Wissenschaft oder über diejenige der Universitäten Vorträge zu halten, die freilich, wie der Fall des Herrn Virchow auf dem nächsten Naturforschercongress zu München (Herbst 1877) lehrte, noch unter dem Durchschnitt reactionär ausfielen, und sich von der gewöhnlichen Reaction nur recht unvortheilhaft dadurch unterschieden, dass sie ihre rückläufigen Zumuthungen noch in ein Gewand von Liberalisirungsschein zu kleiden suchten. In der That ist die Umkehr der Wissenschaft nie widerwärtiger gepredigt worden, als indem Herr Virchow seine Meinungen auf dem Naturforschercongress von sich gab und dabei zugleich seinen Berliner Universitätscollegen als Sprachrohr diente. Die letztern haben in officiellen Reden das Ihrige gethan und die akademische Freiheit, von der sie durch meine Vertreibung ein so schönes Beispiel geliefert hatten, nun auch im Allgemeinen verherrlicht. Sie haben, wie Herr Helmholtz, die universitäre Freiheit der Wissenschaft in Deutschland gepriesen, ihre Zuhörer es aber dabei nur um so lebhafter empfunden, wie der letzte Act dieser Universitäts- und Wissenschaftsfreiheit darin bestanden hatte, sich gegen die Freiheit der wissenschaftlichen Kritik mit der staatspolizeilichen Widerlegung des Gegners zu vertheidigen.

Zieht der Leser die Summe von dem, was hier kurz angedeutet wurde, so wird er angemessen zu würdigen vermögen, was Alles aus der Vertretung einer physikalischen und wissensgeschichtlichen Wahrheit an Gegenbeweisen oder vielmehr Gegenmaassnahmen zum Vorschein kommen kann. Die Sache, die ich im Gebiet der Physik und Mechanik vertrat, ist klar. Ebenso klar und überdies handgreiflich ist aber auch der Charakter der gegnerischen Mittel. Welche Schmähungen hat man etwa gegen mich ungebraucht gelassen? Wo Dilettantismus, Grössen- und Verfolgungswahn nicht verfangen wollten, da ist mir socialdemokratische Agitatorschaft angedichtet worden. In hochofficiellen

Zeitungscorrespondenzen, wie in der aus dem Preussischen Ministerium kommenden „Provincialcorrespondenz“ hatten mich die Berliner Handwerksgelehrten zum „Thersites“ gestempelt, der die Heroen der Wissenschaft, unter denen sie sich in ihrem illusorischen Grössenkitzel natürlich selbst verstanden, herabwürdige. An der wissenschaftlichen Thersitesphysionomie sollte es aber noch nicht genug sein. Zur Andichtung einer falschen Geistesphysionomie gehörte noch die richtige und handgreifliche Fälschung meines leibhaften Aussehens, die auch in einem illustrirten weit verbreiteten Wochenblatt (dem „Daheim“) mit der Production einer ungefügen Gestalt und einer wilden ebenfalls in keiner Spur ähnlichen Fratze, aber mit der geflissentlichen Bezeichnung als „vorzüglich gelungen“ erfolgte, — eine Gelungenheit, die nur in der Harmonie mit dem zugehörigen nicht minder gefälschten Erläuterungsartikel bestand. Da von mir keine Photographie existirte, so wurden durch dieses Machwerk der bildlichen Verleumdung Viele getäuscht, wie ich später auf meinen Vortragsreisen zu constatiren Gelegenheit hatte. Freilich ist es nicht gleich leicht, die Fälschungen der leibhaften und diejenigen der wissenschaftlichen Physionomie zu widerlegen. Zu Ersterem genügt, dass man sich nur überhaupt sehen lässt; zu Letzterem ist aber die Einsichtnahme der Schriften von Seiten des Publicums erforderlich. Nun haben meine Schriften wegen ihrer verschiedenen Gegenstände auch verschiedene Arten von Publicum. Wofür die eine Gruppe sich interessirt, das ist für die andere so gut wie nicht vorhanden. Aber ich hoffe, dass man selbst aus vereinzelten Darlegungen besonderer Bestandtheile meiner wissenschaftlichen Bemühungen wird entnehmen können, wie mein ganzes Streben in allen seinen Richtungen auf Vermehrung des Gehalts der Wissenschaften und auf die Verbesserung ihrer Darstellung, ihrer Lehre und ihres Studiums gerichtet sei. Um nun die Hindernisse des Studiums wegzuräumen und namentlich den Weg zu den schöpferischen Naturen und wahren Geistesheroen freizumachen, ist eine wirklich sichtende Kritik erforderlich, die nicht die Erzeugnisse von Hinz und Kunz ebensoviel gelten lässt, wie die Errungenschaften der ersten und seltensten Geister. In diesem Sinne bin ich nun in meinen verschiedenen Wissenschaftsdarstellungen verfahren. In diesem Sinne habe ich auch in der Mathematik und Physik die Erzeugnisse und deren Vertreter gruppirt, mochten sie nun frühern Jahrhunderten oder der Gegenwart angehören. In diesem

Sinne musste ich auch innerhalb der neusten Physik dazu kommen, für die zureichende Würdigung Robert Mayers einzutreten, — eines Mannes, den ich zuvor persönlich gar nicht kannte und für den ich übrigens bei einer Weltanschauung, die der meinigen völlig entgegengesetzt und in seinen Schriften nebenbei hinreichend wahrzunehmen war, im Allgemeinen niemals voreingenommen sein konnte.

9. Die Wärmemechanik würde bereits ernsthafte Fortschritte über Mayers Leistungen hinaus haben machen können, wenn das Studium dieses Gegenstandes nicht von dem Echten und Gediegenen auf hohles Formelspielwerk abgelenkt und das Publicum mit blossen Scheinförderungen belästigt worden wäre. Hätte sich die Aufmerksamkeit einer grössern Zahl von Studirenden und Forschern zeitig auf die Arbeiten Mayers concentrirt, so wäre es undenkbar, dass die Manierchen des Herrn Clausius, den Mangel an wirklichen Fortschritten zu verdecken, die inzwischen verflossene Zeit hätten autoritätlerisch ausfüllen dürfen. Die von Mayer mit Recht signalisirte „Dunkelheit“ bezüglich der mechanischen Rolle eines Theils der specifischen Wärme dürfte alsdann wohl schon ein wenig gelichtet sein, während in der That die ganze Wärmemechanik noch immer auf jene erste Grundlegung beschränkt geblieben ist, vermöge deren sich einige Formen und Bestandtheile der latent werdenden Wärme durch eine wirkliche und nachweisbare mechanische Function erklären. Jedoch habe ich hier auf diesen Hauptmangel nicht näher einzugehen und ihn nur als entscheidendes Beispiel dafür angeführt, wie der Stand der vorgeblichen Fortschritte auch übrigens zu taxiren sei. Man versäumt es gar sehr, die Punkte bemerken zu lassen, wo die Unzulänglichkeit des Bisherigen und die Unfruchtbarkeit der neusten Scheinmanipulationen unmittelbar in die Augen fallen würde. Die Umrechnung von Calorien in mechanische Arbeit ist noch keine mechanische Erklärung.

Lassen wir jedoch diese, wenn auch noch so wichtige und folgenreiche Specialität, um unsere Bemerkungen zu einer allgemeineren Betrachtung über die Schwierigkeiten des physikalischen und chemischen Studiums zu erweitern. Für die Mechanik ist das bessere und tiefere Studium weit mehr erleichtert, als für Physik und Chemie. Für jene allgemeinere und im höheren Maasse rationalisirte Wissenschaft sind Gesammtdarstellungen vorhanden, die von schöpferischen Naturen gearbeitet wurden. Ich erinnere hiebei nur an Lagranges Hauptwerk. Wie es sich

mit der Mechanik und den verwandten Theilen der Physik bezüglich des Studiums und der Lehrmittel verhalte, ist in der Studienanleitung am Schlusse der zweiten Auflage meiner „Geschichte der Principien der Mechanik“ gekennzeichnet worden. Es wurde dort schon klar, dass in der Physik im günstigsten Fall nur leidliche Lehrbücher im gewöhnlichen Sinne dieses Worts, aber nicht durchgearbeitete Lehrwerke von einheitlichem Typus und höherer Gattung, geschweige eigentlich schöpferische Gesammtdarstellungen, zur Verfügung stehen.

Aehnlich verhält es sich auch in der Chemie; nur dass die gedruckten Lehrmittel gewöhnlicher Art hier durchschnittlich ein wenig besser sind als diejenigen für die Physik. Dies rührt daher, dass die Chemie einige Jahrhunderte moderner ist als die Physik. Ueberdies steht ihr Gegenstand mit den technischen Anwendungen und dem praktischen Leben in frischerer Berührung. Dies sind zwei Gründe zugleich, die es erklären, dass die Chemie, die in ernsthaft wissenschaftlicher Gestalt erst seit einem Jahrhundert zu existiren angefangen hat, der scholastischen Verschulung nicht in gleichem Maasse, wie die Physik, anheimgefallen ist. Als dritter Grund liesse sich noch der Umstand hinzufügen, dass sich die Chemie ihrer Natur nach mit Erfolg den mathematischen Verschnörkelungen widersetzt, die heute scholastisch Mode sind. Zwar hat man das mathematische Dreschen leeren Strohes auch schon genug an der Chemie versucht; aber der gesunde Geist der an erfahrungsmässig controlirbare Gedanken gewöhnten Chemiker hat durchschnittlich einem solchen Gebahren den Rücken zugekehrt. Sicherlich ist für echte mathematische Denkweise, die aber mit jenem Eitelkeitskram der Formelklapperei nicht das Mindeste gemeinhat, auch in der Chemie noch ein fruchtbares Feld. Daltons erste Grundlegung der Atomverfassung ist eben noch nicht der letzte Aufschluss. Neue Wendungen der Mechanik und insbesondere der Wärmemechanik werden hier zu wahren, aber darum auch einfachen mathematischen Beziehungen der Atomkräfte führen. Es ist aber Angesichts dieses Sachverhalts nur um so verkehrter, sich von blossen Hülsen und Schaalen nähren zu wollen. Das Spiel mit hohlen theoretischen Nüssen mathematisch vergoldeter Art ist keine Sache von Chemikern, die auf den Kern sehen und jene Hantirung wissenschaftlichen Kindern oder Gecken überlassen. Vielleicht erhält sich die Chemie in diesem verhältnissmässig ge-

sunden Zustande noch eine längere Zeit sogar im Bereich von Universitäten oder wenigstens doch von solchen Anstalten, die den Hauptsitzen des modernisirten Lebens und des specifisch industriellen Geistes angehören. Mir fallen dabei Lehrbücher der Chemie ein, die uns aus Manchester kommen, wie die Roscoeschen, die ich sowohl in ihrer kürzern als in ihrer ausführlichen Gestalt zum Lernen und sogar zum blossen Selbststudium, durch die an meinen Söhnen gemachte Erfahrung, leidlich brauchbar gefunden habe. Letzteres ist ein Vorzug, den ich in gleicher Weise bei Lehrbüchern der Physik nirgend antraf, mochten dieselben nun von kürzerem Umfang sein oder sich in voluminös compilatorischer Breite ergehen. Selbst die besten, sich im mittleren Umfang haltenden Darstellungen, wie der Jaminsche Cursus der Pariser polytechnischen Schule, sind, trotz ihrer relativen Vorzüge, weniger einfach und populär, als entsprechende Lehrmittel der Chemie, wie die erwähnten Roscoeschen. Dies liegt theilweise allerdings an der nothwendig verschiedenen Beschaffenheit der beiden Wissenschaften. Die eine ist von mathematisch bearbeiteten Theorien durchflochten, während die andere in dieser Richtung noch bei dem Anfange steht. Bei schärferer Untersuchung kann dies aber im Allgemeinen keine Rechtfertigung geringerer Lehrhaftigkeit und Klarheit bleiben. Im Gegentheil sollte die Physik, eben weil sie längst von mechanisch rationellen Stützen getragen wird, auch die allersicherste Fassung erhalten. Die Lehrmittel sollten sie in der einfachsten Weise bis auf den Grund durchsichtig machen können. Statt dessen hat sich in allen Ecken der Schulstaub festgesetzt, und ein gutes Theil gelehrter Scholastik behindert die freie und natürliche Darstellung der einfach lehrbaren und in ihrer Einfachheit leicht anzueignenden Wahrheiten.

10. Je weniger in einer Wissenschaft die Gesammtdarstellungen leisten, um so mehr hat man sich an Einzelschriften und einzelne Abhandlungen zu halten. Freilich werden diese letzteren auch nur dann erheblichen Werth haben, wenn sie von jenen schaffenden Naturen herrühren, die sich in ihrem Gebiet durch Herbeiführung wirklicher Fortschritte auszeichneten, sich aber nicht veranlasst fanden, Lehrwerke abzufassen. Um Grundwerke schöpferischer Art für die ganze Wissenschaft liefern zu können, müssen Zustand und Epoche der Wissenschaft danach geartet sein. Physik und Chemie haben eine derartige Gestal-

tung noch erst zu erwarten. Das Interesse des blossen Lehrzwecks ist daher auch für die besten Forscher, zumal unter den obwaltenden äussern Umständen und Angesichts der politisch schlecht geordneten Unterrichtsverfassung, kein hinreichend mächtiger Sporn gewesen, um ihre besten Kräfte auf die Veröffentlichung blosser Lehrcurse zu verwenden. Die letzteren wären doch nicht fundamentale Systemarbeiten gewesen und etwa bleibende Grundwerke geworden. Der blosse Fortschritt in Einzelheiten hätte solche Arbeiten bald antiquirt; ja dies wäre mehr als begründeterweise geschehen, weil nach dem Tode solcher Männer sich nachher die Tagesfliegen allein breitmachen und das, womit sie grade im Augenblick den Markt beschmutzen, als nunmehr allein beachtenswerthe Production ausgeben.

Das Zurückgreifen auf Originalaufsätze oder Einzelschriften wirklich bedeutender Wissenschaftsförderer ist die einzige Zuflucht, durch die sich das tiefere Studium aus der Abhängigkeit von den Oberflächlichkeiten der Lehrcompilationen und des gemeinen Zeitschriftenwesens befreien kann. Schlimmer noch als die Mängel der Lehr- und Handbücher ist der Wust der wissenschaftlichen Tagesjournalistik; denn das, womit die Zeitschriften gemeiniglich angefüllt werden, dient nur dazu, das vereinzelte Bessere, was gelegentlich einmal darunter gerathen mag, inmitten des üppigen Unkrauts unsichtbar zu machen und zu ersticken. Wo der Zeitverlauf schon lange gesichtet hat, da treten freilich die seltenen und bedeutenden Erscheinungen in den Vordergrund und das Uebrige wird als eine Emballage von Maculatur betrachtet. In der Gegenwart gilt aber fast immer dieser Ballast, der meist die ganze Ladung der Zeitschriften ausmacht, als die eigentliche Waare. Allgemeine Winke für das Studium lassen sich daher auf bestimmte Namen nur da richten, wo es sich entweder um eine schon gesichtete Vergangenheit oder um den Ausnahmsfall handelt, dass etwa auch schon in der Gegenwart gegen den Einfluss der Chorführer und ihres Chorus eine wirklich werthvolle Erscheinung auch in der That als bedeutend bekannt wird.

Immerhin haben Originalaufsätze auch in den Fällen zweiter Ordnung dann einen gewissen Werth, wenn in ihnen sorgfältige Experimente oder verallgemeinerte Wahrnehmungen aus derartigen Versuchen niedergelegt sind. Gediegene und mit gutem Verständniss begabte Arbeiter werden hier, zumal wenn sie zu-

gleich Physiker und Chemiker sind, recht Wichtiges zu Tage fördern können. Es sei hier beispielsweise nur an den Anfang und die ersten Jahrzehnte des Jahrhunderts erinnert, als Chemiker wie Gay-Lussac grade die physikalische Wissenschaft so erheblich bereicherten. Diese Periode war überhaupt durch bedeutendere Erscheinungen in beiden Gebieten ausgezeichnet. Sie zehrte noch und zwar am meisten in Frankreich von den Anregungen, welche die frischere Geistesluft des revolutionären Sturmes mit sich gebracht hatte. Productionen wie die eines Gay-Lussac und allenfalls auch noch eines Dulong machten der Wissenschaft alle Ehre, wenn sie auch nicht an die kühne und umfassende, systembegründende Art eines Dalton heranreichten. Ich betone diese Beispiele von ausgezeichneten Forschern, weil ihre Originalleistungen grade auch für einen Theil der Gegenstände Werth haben, die in der vorliegenden Schrift behandelt sind. Auch möge noch erwähnt sein, dass Robert Mayer offenbar durch seine Studien in Paris und nicht ohne die intimste Bekanntschaft mit Gay-Lussacschen und Dulongschen Forschungsergebnissen auf denjenigen Weg gelangt ist, welcher zu der ihm eigenthümlichen Berechnungsart des mechanischen Aequivalents der Wärme führte. Sein Genie bedurfte nur geringer Anknüpfungspunkte und hätte ihn noch unvergleichlich weitergeführt, wenn er mit der Chemie noch mehr vertraut gewesen und durch seine religiöse Weltanschauung nicht veranlasst worden wäre, in der Physik gegen die ernsthaftere Einlassung auf Molecüle und Atome entschiedene Abneigung zu hegen. Andernfalls hätten neben ihm die Verzerrungen der Bernoullischen Gastheorie nicht unangefochten vegetiren können. Er hielt es mit Recht nicht der Mühe werth, molecularmechanische Phantasien ausdrücklich zu widerlegen und äusserte sich gegen das neuere Gebahren nur in vornehm streifenden Andeutungen. Er hätte aber sicherlich mit den bodenlosen Molecularphantasien, denen sich zuerst sein Nachentdecker Herr Joule überliess, nicht überhaupt jede Befassung mit der auf die Wärme bezüglichen Molecular- und Atomconstitution der Körper verworfen, und er würde in dieser Richtung gediegene Wendungen herbeigeführt haben, wenn ihn nicht die erwähnte, seiner allgemeinen Denkungsart entspringende Abneigung gehindert hätte.

In wie glänzender, wenn auch erst nach einem halben Jahrhundert anerkannter Weise sich grade moleculare Wahrheiten in

Anknüpfung an die Ergebnisse Gay-Lussacs gewinnen liessen, beweist das Beispiel des Italienischen Chemikers und Physikers Avogadro und des nach ihm benannten Satzes. Man muss aber noch heut seine Originalabhandlung darüber (im Journal de physique von 1811) studiren, wenn man mit dem unmittelbaren und nächsten Sinn auch die fernere Tragweite seiner Gedanken kennenlernen will. Grade dieser Fall lehrt recht eindringlich, was das Zurückgreifen auf die Originalauslassungen der ausgezeichnetsten Forscher und Denker zu bedeuten habe. An sich selbst ist der Avogadrosche Satz, wie er jetzt in den bessern Lehrbüchern der Chemie formulirt, hervorgehoben und benutzt wird, zwar auch schon werthvoll und wichtig; aber noch werthvoller und wichtiger ist das Eindringen in seine Vorbedingungen und Erweiterungen. Letzteres wird nun für Studium und Forschung dadurch erleichtert, dass man den Avogadroschen Satz bezüglich seiner Entstehung im Geiste seines Urhebers und bezüglich der weiteren Perspectiven studirt, welche der Auffinder selbst, sei es nun mit Recht oder zum Theil auch unzutreffend, jedenfalls aber immer im Sinne eines echten Forscherdenkens dabei hatte. Man dringt nun einmal nicht anders in das ein, was oft am wichtigsten ist, nämlich in die unvollendeten und auf Weiteres hinweisenden Gedankenansätze, wenn man nicht die ursprünglichen Quellen aufsucht. Wenigstens ist dies das einzige Mittel, welches noch ausser dem völlig selbständigen Einschlagen neuer Wege zugänglich ist, und auch derjenige, der seine eignen Kräfte nicht gering anschlägt, wird den Leitfaden solcher Anregungen nicht verschmähen dürfen, wenn er mit seiner Kraftausstattung gediegen wirthschaften und sie dem erst völlig neu zu Schaffenden unvergeudet zuwenden will.

11. Ein niemals trügerisches Merkmal echten Forscherdenkens ist die anschauliche Unmittelbarkeit und einfache Ausdrucksweise der Vorstellungen. Ein ebenso sicheres äusseres Erkennungszeichen der Unfruchtbarkeit ist dagegen die geschraubte Verwicklung der Gedanken oder vielmehr angeblichen Gedanken und die verzwickte Art, sie in Bezeichnung und Stil von sich zu geben. Das Haschen nach Wendungen, die eine alte solide Sache auf einen neuen aber unsoliden Grund stellen, nur um den Anschein von etwas Anderem und so zu sagen modisch Vornehmerem zu erzeugen, — dieses Haschen nach Ausstaffirungen und Verkleidungen verräth ganz besonders die Hohlheit des wissenschaft-

lichen Treibens. In die Physik ist, namentlich nach ihrer mehr theoretischen Seite hin, diese verkünstelte Manier dermaassen eingedrungen, dass sich die alten gediegenen und in ihrer einfachen Gestalt so anspruchslosen Wahrheiten, die von wirklich schaffenden Naturen aufgefunden wurden, unter den Händen der eitelkeitsspielerischen Nachsetzlinge kaum wiedererkennen lassen.

Um ein allgemeineres Beispiel von ungediegenen Neigungen zu geben, ohne bis zu den äussersten Albernheiten auszugreifen, — um also noch bei einem Falle zu bleiben, in welchem sich die Tendenz zur unsoliden Art weniger ausschweifend, aber doch noch immer erkennbar genug bethätigt, so sei auf den Unfug hingewiesen, der während der letzten Jahrzehnte mit der Vorstellung von der absoluten Temperatur getrieben worden ist. Ueberall, wo in verlässlicher Weise gar nichts weiter als das Gay-Lussacsche Ausdehnungsgesetz zu Grunde lag, hat man den problematischen Begriff der absoluten Temperatur und eine noch problematischere Lage derselben, nämlich die Fiction von —273° eingeführt und dazu benutzt, die simpelsten und ältesten Thatsachen wie neue Offenbarungen erscheinen zu lassen. Wo der umgekehrte Werth des Ausdehnungscoëfficienten eben nichts weiter bedeutete, als dass der Bruchtheil des Volumens, der eine Erwärmung um einen Grad darstellt, die entsprechende Anzahl Male zu nehmen sei, um das ganze Volumen bei 0° zu erhalten, da creirte man, mit Wohlgefallen an der neuen fictiven Aufstutzung, gleich absolute Temperatur. Jede bisherige Wahrheit wurde in diese unzuverlässige Hülse gesteckt und dadurch selbst mit einem fictiven Bestandtheil versetzt. Gesetze von alter Bekanntschaft nahmen sich nun so aus, als wären sie neue Erfindungen der Generation und der Leute, durch welche solche Drapirungen veranstaltet wurden. Selbst den Fall vorausgesetzt, dass sich irgend welche Annahmen über absolute Temperatur einmal erfahrungsmässig bestätigen liessen, ist es offenbar eine ungediegene Voreiligkeit, den klaren und zuverlässigen Sinn bisheriger wissenschaftlicher Sätze mit etwas zu untermischen, was noch erst ausgemacht werden soll. Man möge sich allenfalls versuchsweise in Erdichtungen ergehen; aber man verschone dabei das Gesicherte und ziehe es nicht mit in das Bereich, wo die Illusionen, die Eitelkeit und zu einem guten Theil auch wissenschaftliche Gewissenlosigkeit hausen. Unter Umständen mag es nützlich sein, Fictionen zu erproben und bewährte Vor-

stellungen in ein noch unerprobtes Gewand zu kleiden; aber niemals hat man ein Recht, solche Nebenspiele zur Regel der gesetzten Wissenschaft und ihrer Ausdrucksweise zu machen. Hier müssen Bezeichnungsart und Gedankenwendung von Fictionen möglichst freigehalten werden, und selbst die eigentliche Hypothese ist innerhalb sehr bemessener Schranken zu halten. Fictionen, wie die erwähnte, sind noch bei Weitem keine annehmbaren Hypothesen, und dennoch hat man in ihnen das untergetaucht, was durchaus nicht hypothetisch, sondern völlig thatsächlich ist. Der Phantastik und noch mehr der blossen Eitelkeit ist hiemit ein nur mit Unbequemlichkeit controlirbares Spiel freigegeben worden. Das physikalisch lernende und lesende Publicum kann durch solche Wendungen leichter mystificirt werden. Es gewöhnt sich an ungediegene Schlüsse und verliert den sichern Leitfaden des verständigen, auf unmittelbare Anschauung und Erfahrung zu gründenden Urtheils.

Uebrigens kann man die Voraussetzungen absoluter Temperatur in die Jahrhunderte zurückverfolgen. Soweit solche Gedanken berechtigt waren, fanden sie sich bei den verschiedensten Physikern älterer Zeit, wurden aber von diesen in dem Gebiet gehalten, wohin sie gehörten. Neu ist hienach nur die Mode, ihnen einen falschen Ort anzuweisen und sie eine falsche Rolle spielen zu lassen. Etwas Aehnliches lässt sich von den Unterstellungen sagen, mit denen man in neuster Zeit überhaupt den Begriff der Temperatur voreilig und im Speciellen auch fälschlich heimgesucht hat. Sich unter Temperatur so etwas wie lebendige Kraft der Molecüle denken, ist wahrlich nichts Neues; diese Vorstellung findet sich bei Daniel Bernoulli, ja erhielt dort schon algebraische Bestimmtheit und wurde von ihm zur Erklärung der proportional erhöhten Spannung der Luft verwendet. Wie verhältnissmässig einfach und anspruchslos ist aber seine Annahme, wenn man sie mit den Prätensionen jener Leutchen von der Art der Herren Clausius, Maxwell u. s. w. vergleicht, die heute nach anderthalb Jahrhunderten von seinen Resten zehren und sich so anstellen, als wenn sie selbst irgend etwas Nennenswerthes auf die Beine gebracht hätten! Jeder gesetzte Physiker wird, wie es auch Daniel Bernoulli that, solche Voraussetzungen, auch wenn er ihnen geneigt ist, nicht allzuweit ausspinnen, solange dafür die zureichende Controle durch Beobachtungsthatsachen fehlen muss. Statt dessen luxuriiren jene

Leute von der jüngsten Mode darin, mit den ererbten Fictionen so zu wirthschaften, als wenn es solide Reichthümer wären. An die Willkürlichkeiten in der Bestimmung der Zahl der angeblichen Molecülstösse der Gase habe ich schon früher erinnert. Beispielsweise hat es Herrn Joule gefallen, an eine Gefässwand immer ein Drittel aller Stösse gerathen zu lassen, mit denen überhaupt an alle Wände gerannt wird. Diese gleiche und harmonische Vertheilung im sonst so disharmonischen Crambamboli und Wettrennen der Molecüle gegen sich selbst und gegen die Wände ist wirklich bewunderungswürdig. Nur schade, dass Chaos und Regel alle beide billige Ausmalungen von Fictionen und nicht im Mindesten Thatsachen sind, die sich durch Schlüsse aus irgend welchen Beobachtungen ableiten liessen. Derartiges gehört in die leichtfertigen Nebenspiele, aber nicht in den gesetzten Bestand der Physik. Es hindert, wenn es sich im Bereich ernstlicher Ueberlegungen und Thatsachen auf gleicher Linie breitmachen darf, die Fortschritte der Wissenschaft. Auch schon die blosse Verbreitung der gesunden Errungenschaften wird durch jenes Sichbreitmachen des Verkehrten arg beeinträchtigt.

12. Unter allen Umständen wird die Verbreitung des Vorzüglichen, welches nicht von den Schulmonopolisten ausgeht, grosse Schwierigkeiten haben. Die Handwerksgelehrten und überhaupt alle autoritätlerisch, wissenschaftszünftlerisch und akademisch officiös gesinnten oder wenigstens befangener Elemente werden dahin zusammenwirken, den freien Verkehr mit den bessern Leistungen wenn möglich zu sperren und, wo dies nicht gelingt, wenigstens zu beschränken. Es ist daher die Pflicht eines Jeden, der gegen diese Elemente etwas zu vertreten hat, in seinem Vorgehen nachdrücklich zu verfahren. Er muss das volle Bewusstsein haben, dass er sich auch in der Form der Geltendmachung seiner Ansprüche nichts vergeben darf, wenn er irgend etwas ausrichten und seine Schuldigkeit gegen das Publicum thun will. Das letztere ist nicht im Stande, eine wissenschaftliche Sachlage zu durchschauen, wenn die Darstellung derselben mit hohlen Wendungen der Etiquette und Höflichkeit versetzt ist, durch welche die weiteren, nicht speciell sachkennerischen oder auch nur nicht genauer orientirten Kreise leicht irregeführt werden. Der freie Gelehrte darf sich daher nie verleiten lassen, dem Tone zu huldigen und den Manieren nachzugeben, die in der Sphäre der Gegenseitigkeitsheuchelei der Hand-

werksgelehrten entstanden sind. Die Complimente sind nicht am Orte, wo es gilt, unverschämte, ja gradezu frech auftretende Gegner niederzuwerfen. Sachlich kann eine Abführung in ihrem Kern noch so entschieden sein, und sie wird dennoch von dem Publicum nicht gehörig gewürdigt werden, wenn sie in der Form gleichsam etwas Verhaltenes bleibt, und anstatt den erhobenen Einspruch zu markiren, ihn wohl gar in persönliche Höflichkeiten einwickelt.

Bestimmte und scharf unterscheidende Klarstellungen, die auf persönliche Convenienzschätzungen keine falsche Rücksicht nehmen, sind in den fraglichen Fällen das wirksamste Mittel, eine wissenschaftliche Sache durchzusetzen. Die Einwendung, dass nur milde Formen nöthig wären, um einer Sache die ihr sonst vorenthaltene Anerkennung zu verschaffen, ist grundfalsch. Es ist vielmehr das Gegentheil davon die in der Wissenschaftsgeschichte überall zu beobachtende Regel. Auch ist diese Gestaltung ganz natürlich. Denn Böswilligkeit und Frechheit steigern sich, wenn sie sich vor gebührender Anfassung sicherwissen. Ich habe auch bezüglich dieses Punktes die Geschichte mehrerer Wissenschaften nicht umsonst durchforscht und meine Beobachtungen in der Gegenwart nicht vergeblich angestellt. Es hat sich dabei immer das ergeben, was ich auch in meinen eignen Erfahrungen bestätigt fand. Je weniger Entschlossenheit und Bereitschaft vorhanden war, den persönlichen Feinden den Standpunkt in einer für das Publicum deutlichen Weise vollständig klarzumachen, um so mehr triumphirte die Unterdrückung gerechter Ansprüche und die Erstickung der Wahrheiten.

In der Physik ist Robert Mayer ein naheliegendes und recht entscheidendes Beispiel für die Folgen, die sich aus einer übelangebrachten Zurückhaltung und Milde, wo nicht gar christlichen Feindesliebe, ergeben haben. Sein schon oben angeführtes Princip, da, wo die wissenschaftlichen und moralischen Düfte unangenehm sind, Weihrauch zu streuen, erklärte sich bei ihm zum Theil aus dem angedeuteten Zuge christlicher Gesinnung. Das derbe Volkssprüchwort, welches er für dieses Princip in Anspruch nahm, hat einen andern, weniger sublimen Sinn. „Wo es stinkt, muss man den meisten Weihrauch streuen“, sagt das Volk und sagte mir in dem schwäbischen Volksdialekt, den er stets sprach, auch Robert Mayer. Es hat ihm aber das christliche Weihrauchstreuen, welches doppelt unrationell war, weil es die

Halblogik des Volkssprüchworts mit der Ueber- und Unnatur des Religiösen vereinigte, nur um so mehr Märtyrerthum eingetragen. Es hat ihn, wenn er von frechen Gegnern literarisch insultirt wurde, nur in die Lage gebracht, nach dem Backenstreich, den er erhalten, mit der andern Backe auch noch zu weiteren Streichen einzuladen. Es hat ihn dies Verfahren sich auch gelegentlich Etwas vergeben lassen, und auch künftig wird der Unorientirte nicht im Stande sein, die homöopathischen Verdünnungen zu erkennen, in denen die polemischen Gaben gereicht wurden. Die Verzierung speciell persönlicher Polemik mit blossen Höflichkeitswendungen bezüglich der Berühmtheit von Gegnern war auch nicht geeignet, die Widerlegung, so schlagend sie sachlich sein mochte, für das Publicum zu markiren und dem Widersacher die Lust zu benehmen, ähnliche Dinge, wie die zurückgewiesenen, zu verüben.

Der lehrreichste Fall solcher unzweckmässigen Art und Weise ist wohl das Verhalten dem Engländer Joule gegenüber gewesen, wie es sich schon in einer Entgegnung Mayers in den Comptes rendus der Pariser Akademie von 1849 (Bd. 29) bekundete. Herr Joule hatte die erstaunliche Dreistigkeit gehabt, von Mayers Aequivalententdeckung zu behaupten, dass sie gar nicht die Aufmerksamkeit der Gelehrten verdiene. Sie beruhe auf einem unbegründeten Schluss. Mayer habe dabei etwas vorausgesetzt, was noch gar nicht bekannt gewesen, und was er, Joule, erst durch seine Versuche aufgefunden habe, nämlich dass die specifische Wärme eines Gases in verschiedenen Dichtigkeitszuständen dieselbe wäre. Die Entgegnung Mayers weist nun darauf hin, dass schon Gay-Lussac die fragliche Hülfsthatsache festgestellt, und dass dieser von ihm auch noch ausdrücklich angeführt worden sei. Dies war sachlich gewiss eine Abführung, wie man sie nur wünschen konnte. Herr Joule wurde, wie jeder specielle Sachkenner sofort sehen musste, belehrt, dass er seine eigne Unkenntniss der Gay-Lussacschen Nachweisungen dem Publicum und Mayer untergeschoben und sich selbst für den Auffinder von etwas gehalten hatte, was längst ausgemacht und nur Herrn Joule unbekannt geblieben war. Dies hatte er gethan, weil ihn die unbestreitbare Priorität Mayers ärgerte. Er glaubte eine Entdeckung zu Nichts herabwürdigen zu können, indem er bei ihr den Mangel einer Kleinigkeit in der Begründung fälschlich unterschob. Dieser Jouleschen Benehmungsart

gegenüber war es sicherlich auf Seiten Mayers nicht angebracht, der Wahrung seiner Priorität und seiner Rechte Versicherungen der Hochachtung für die „zahlreichen Verdienste des berühmten Physikers“ beizufügen und demjenigen, der ihm alles Verdienst rauben wollte, noch obenein ein Zeugniss für dessen selbständige Entdeckung auszustellen. Ob Herr Joule, wie er Mayer jetzt nachträglich sein Verdienst rauben wollte, ihm auch schon vorher seine Entdeckung entlehnt habe, das konnte Mayer nicht wissen und durfte nicht Grossmuth, Höflichkeit und Christlichkeit walten lassen, wo wissenschaftliche Gerechtigkeit gegen einen unloyalen Angreifer nicht blos im eignen, sondern auch im allgemeinen Interesse zu üben war. Die Folge davon ist gewesen, dass Herr Joule immer dreister geworden und Mayer noch mehr bei Seite zu schieben versucht hat, während Mayer fortfuhr, ihn auch später, mehr als billig, zu honoriren.

Auch Andere, die von der Sache und überhaupt von Physik so gut wie nichts verstanden, wie der Professor Karl Vogt in Genf, erdreisteten sich später, die bekannte Zurückhaltung und Höflichkeit Mayers zur Verübung der ärgsten feuilletonistischen Insulten ungestraft auszunutzen. Besagter Karl Vogt schrieb in der Kölnischen Zeitung (vom 22. September 1869) von eben jenem naturwissenschaftlichen Congress, auf welchem sich Mayer, wie angeführt, durch Zurufe zu etwas ironischem Weihrauchstreuen hatte verleiten lassen, einen Bericht, in welchem er die Geschäftsführer des Congresses dafür verantwortlich machte, dass sie Mayer überhaupt zu einem Vortrag eingeladen hätten. Es sei etwas so Unzusammenhängendes zum Vorschein gekommen, dass sich dabei die Versammlung staunend angesehen habe. Nur das Unglück, welches mit Mayer vorgefallen, erkläre dies; sein Geist sei von Nacht umhüllt. In der That war diese dreiste Colportirung der Wahnsinnsandichtung nicht nur eine Injurie in aller Form, sondern auch ein Echo von einigen Machern her, die sich in der Versammlung befanden und von denen Herr Vogt seine übel angebrachte Weisheit bezogen hatte. Der fragliche Vortrag liegt gedruckt vor, und das Staunen, welches Herr Vogt bei Andern bemerkt und selbst getheilt haben will, kann nur das der Unwissenheit gewesen sein. Plumpe Unfähigkeit zum Begreifen einer physikalischen Auseinandersetzung giebt aber noch nicht das Recht, in die Fusstapfen des oben genannten Medicinalraths von Zeller zu treten und, wie Herr Vogt that,

denjenigen in öffentlichen Zeitungsartikeln für verrückt auszugeben, der etwas vorbringt, was über den Verstandeshorizont des dreisten Beurtheilers hinausliegt. Es scheint, dass Herrn Vogts Bosheit gegen Mayer daher rührte, dass letzterer in seinem Vortrage bei Streifung einiger allgemeiner Ideen seinem religiösen Gefühl und seiner antimaterialistischen Gesinnung Ausdruck gegeben hatte. Wenn Herr Vogt solche Dinge wissenschaftlich und moralisch zu beurtheilen verstände, so würde er zwischen der ehrlichen und aufrichtigen, anspruchslos einfachen und nicht mystisch verbrämten Denkungsart eines Robert Mayer auf der einen Seite und den unwahren, blasirten, halb servirten und halb verhehlten Rückschrittsvelleitäten des professoralen Obscurantismus auf der andern Seite zu unterscheiden gewusst haben. Die Mayersche Denkungsart steht, auch wenn man sie vom Standpunkt einer materialistischen Weltansicht beurtheilt, moralisch und wissenschaftlich unvergleichlich höher, als was Professoren, wie die Herren Dubois, Virchow, Helmholtz und Andere, an zwitterhaft religiösen Rückschrittlichkeiten, Mysticitäten und mehrdimensionalen Ungereimtheiten neuerdings dem Publicum geboten haben. Gegen solche Collegen sollte sich Herr Vogt regen; aber seine Verdienste um die Bekämpfung des Köhlerglaubens sind verblichen und er ist nachträglich eben auch vollständig zum richtigen Professor geworden. In der Mayerschen Angelegenheit hat er sich überdies noch als Einer gezeigt, der seine Stücke da verübte, wo er der Straflosigkeit und ausserdem auch noch des collegialisch professoralen Beifalls sicher war.

Trotz aller üblen Erfahrungen hat Mayer die vorher gekennzeichnete Art und Weise beibehalten. Noch zu allerletzt, als er mir den oben angeführten Brief schrieb und mir gleichzeitig einen Correcturabzug seiner letzten kleinen Veröffentlichung übersandte, die in Betz „Memorabilien“ erscheinen sollte, versah er es in diesem Artikel durch den erwähnten Höflichkeitsweihrauch. Sicherlich hat er es sich nicht träumen lassen, dass, kurz nachdem er die Augen geschlossen haben würde, die Routine der Reclame sofort bei der Hand sein würde, aus der sachlich entschiedenen Abfertigung des Herrn Helmholtz, die er mit jenem letzten Artikel beabsichtigte, Weihrauchsnebel für den Abgefertigten aufsteigen zu lassen und das sachlich nicht orientirte Publicum in der Tagespresse mit Wiedergaben aus diesem Artikel irrezuführen.

Der genauere Sachverhalt ist folgender. In Anknüpfung an meine Vertreibung von der Universität kamen vielfach Zeitungsartikel zum Vorschein, die den jetzt bei dem weiteren Publicum mehr in den Vordergrund getretenen Mayer dahin verkleinern sollten, dass er einmal eine Idee gehabt und auf guten Baugrund hingewiesen, Herr Helmholtz aber erst das Gebäude aufgeführt habe. Auch ein Professor Zech in Stuttgart hat, wie Mayer mir schrieb, Artikel in diesem Sinne für verschiedene Zeitungen fabricirt. Herrn Helmholtz selbst, der in einem gedruckten Vortrag über das Denken in der Medicin dasselbe, wenn auch gewunden und etwas verhüllt, in Anspruch genommen hatte, glaubte Mayer antworten zu sollen, wenn er auch sonst jene handgreiflichen Anmaassungen und für jeden Sachkenner augenscheinlichen Ungeheuerlichkeiten keiner Antwort würdigen wollte. Der erwähnte Artikel, der in die milde und höfliche Form einer literarischen Anzeige des Helmholtzschen Vortrages gekleidet ist, enthält nun nach einer einleitenden Höflichkeit, die in nichts als dem Gebrauch des Ausdrucks „Arbeit eines so hochberühmten und verdienten Mannes“ besteht, sachlich die Ausführung, dass Mayer nicht blos auf die Priorität, sondern auch darauf halte, dass er seine Entdeckung von 1842 in vielen Richtungen angewendet, sie theoretisch durchgeführt und seine Aussaat von 1842 auch zur Reife gebracht habe. Ausserdem führt er zu Gemüthe, wie das Wärmeäquivalent, welches er entdeckt habe, nebst dem zugehörigen Satz von der Kraftunzerstörlichkeit und Kraftverwandlung denn doch etwas Anderes sei, als allgemeine Ideen über Erhaltung der Kraft und Sätze über die lebendige Kraft, die schon von Huyghens vor 200 Jahren gefunden wurden. Dies hiess nun Herrn Helmholtz gegenüber soviel, dass bei dem letzteren von etwas Neuem oder auch nur von einer Weiterführung des von Mayer Gewonnenen nicht die Rede sein könne. Dennoch hat die Reclame, die schon gar arg in Verlegenheit gerathen und gar sehr bedürftig geworden ist, wo sie zu Gunsten des Herrn Helmholtz zu agiren hat, — dennoch hat die Reclame diesen letzten Brosamen vom Tische Mayers hastig aufgegriffen, um nur den Ausdruck hochberühmter und verdienter Mann eincassiren zu können. Ich empfehle ihr, zur Ergänzung dem Publicum auch eine briefliche Aeusserung Mayers nicht vorzuenthalten, nämlich die: Jener Vortrag „besteht aus den bekannten fadesten geschichtlichen Redensarten“. Ueberdies möge das Publicum überlegen, dass Mayer in diesem Falle

seine Höflichkeit, ohne die ein Artikel gegen Herrn Helmholtz auch wohl in dem fraglichen Journal keine Aufnahme gefunden hätte, sichtlich abgewogen hat. Wo nichts ist, wie oben nachgewiesen wurde, kann auch die Reclame auf die Dauer nichts helfen und muss das von ihr aufgeführte Gebäude schliesslich zusammenstürzen. Trotzdem ist die an mehreren Beispielen gekennzeichnete Verfahrungsart Mayers für ihn selbst schädlich gewesen und hat dazu beigetragen, auch die wissenschaftliche Sache und Aufklärung selbst in ihren Fortschritten aufzuhalten. Hätte sich Mayer gleich seit den vierziger Jahren in der Form anders verhalten, so hätten ihn die Handwerksgelehrten wohl mehr oder minder schädigen, ja auch eine Zeit lang unterdrücken, aber nicht die ganze Zeit niederhalten können. Auch würde ihnen die Lust vergangen sein, ihn jetzt noch zum zweiten Mal, wenn auch nun schon unter allerlei Ceremonien, geistig begraben zu wollen.

So lehren denn innere Gründe und thatsächliche Beispiele zugleich, wie es nicht genug ist, in der Wissenschaft etwas zu leisten, wenn nicht auch ausserdem noch das geleistet wird, was an Wahrnehmung und Durchsetzung der Sache gegen die Feinde nothwendig ist. Ich sage Feinde; denn eine rein sachliche und loyale Gegnerschaft kommt nur selten in Frage. Eitelkeit und Neid sind unvergleichlich mehr, als wirklich sachliche Gründe die Antriebe zur Unterdrückung. Im Handwerksgelehrtenthum ist dies die Regel. Man entgeht gleichzeitiger Beraubung und Unterdrückung nicht, wenn man sich nicht von vornherein waffnet und wehrt. Die Geschichte und meine eignen Erfahrungen haben es mich gelehrt, dass Rüstung und Schild den wissenschaftlichen Wahrheiten nicht fehlen darf, die sich ihren Weg in die Welt erst zu bahnen haben und nur unter Durchbrechung der Grenzsperre der Zunftgelehrten zum Publicum zu dringen vermögen. Nur auf diese Weise wrid Bahn gemacht für die freie Wissenschaft und das freie Studium und nur so das Publicum in den Stand gesetzt, von alledem Kenntniss zu nehmen, was ihm durch die Vormundschaft der Handwerksgelehrten geflissentlich am meisten vorenthalten wird.

Anmerkung zu Capitel 4 Nr. 2 letzte Zeile des ersten Absatzes.

Nach nunmehr grade 29 Jahren krönt die Augsb. Allg. Ztg. ihre früheren Thaten an dem lebenden Robert Mayer dadurch, dass sie jetzt den Todten, so gut es gehen will, heimsucht. Damals hatte sie für die Interessen der Gelehrtenkaste den, nicht blos seinem Inhalt nach verkehrten, sondern auch im Tone äusserst frechen, also schon formell unanständigen Artikel besagten Professorensendlings Otto Seyffer aufgenommen und den Abdruck einer Antwort des stets nur zu höflichen Mayer verweigert. Später hat sie Mayer mehr als 20 Jahre vor seinem wirklichen Tode als in einer Irrenanstalt verstorben ausgegeben. Jetzt muss in ihr die vereinigte Rolle jenes Otto Seyffer und anderer ähnlicher Freunde Mayers aus der Gelehrtenkaste, wie es unter den veränderten Umständen eben noch gehen will, ein Herr Rümelin spielen, der ebenfalls der Tübinger Universität angehört und den, wenn ich nicht irre, die bibliographische Statistik als Shakespeare-Wortgelehrten aufweist. So müht er sich denn auch ab, Robert Mayer ästhetelnd mit Ophelia zu vergleichen und die Wahnsinnsandichtung auf das ganze Leben Mayers auszudehnen, — von der Verkleinerung der wissenschaftlichen Verdienste, die Herr Rümelin unter der Maske eines angeblichen Freundes im Interesse der Gelehrtenkaste und wohl auf Grund seiner Zuständigkeit als Shakespeare-Wortstatistiker mit professoraler Dreistigkeit fertigbringt, gar nicht zu reden. Das Lieblichste von Allem dabei ist, dass er hiebei die Officiosität der Familie gegen Mayer und zwar unmittelbar von weiblicher Seite repräsentirt. Das Verhältniss Mayers zu seiner eignen Familie ist kein normales gewesen, wie ich aus seinen eignen Aeusserungen sehr bestimmt weiss. Er wünschte zwar bei Lebzeiten in der Führung seiner Sache seine Familie nicht mithineingezogen zu sehen, und ich habe dem auch entsprochen. Hätte er aber gewusst, dass, nachdem er kaum die Augen geschlossen, die alte Wahnsinnsandichtung von Neuem unterstützt, ja colossal erweitert und seinen sich als Freunde ausgebenden Feinden durch seine Frau sogar Nachlassstücke an Papieren überliefert werden würden, so hätte er sich wohl des grossen brittischen Dichters Byron erinnert, der bekanntlich nur durch ausserordentliche Vorsicht der ihm zugedachten Zwangsjacke und dem Zwangsstuhl entgangen war. Mag in Mayers Fall ursprünglich auch nur Nachgiebigkeit der Familie gegen die Insinuation des Grössenwahns, die aus der Gelehrtenkaste kam und von medicinischen Autoritätchen unterstützt wurde, im Spiele gewesen sein, so ist das Benehmen nach seinem Tode auch nicht im Entferntesten zu entschuldigen. Es ist aber trotz aller nachträglich gegen den Todten sehr billig gewordenen Andichtungen dafür gesorgt, dass die Wissenschaftsgeschichte auf die Dauer nicht irregeführt werde. Die Gelehrtenkaste benutzt jetzt die Consequenzen des ursprünglichen Familienfehlgriffs, um Mayer um so besser nach ihrer Art begraben zu können. Das Spiel ist aber zu durchsichtig, um Mayers hinterlassenem Protest gegenüber etwas auszurichten. Es war in dieser Schrift nicht meine Aufgabe, auf Mayers Persönlichkeit näher einzugehen. Bei der Herausgabe meiner Vorträge wird es aber auch an dieser Würdigung und überhaupt an der Beleuchtung der

mehr menschlichen als wissenschaftlichen Seite der Angelegenheit nicht fehlen. Hier sei nur soviel bemerkt, dass, wenn der grosse Physiker sich später auch Religionsvorstellungen intensiver hingab, diese Schwäche ausser durch die Folgen eines beengenden Jugendunterrichts in einer theologischen Anstalt auch zu einem guten Theil aus dem Gefühl der Vereinsamung zu erklären ist. Im engsten Kreise seiner Familie kein Mitgefühl für die Grösse seiner Bestrebungen, sondern das grade Gegentheil davon; von den officiellen Fachgelehrten ursprünglich als sachunverständiger Dilettant geächtet und später nach Möglichkeit bei Seite geschoben und verkleinert; überdies ohne einen wirklichen Freund und nirgend in einem erfrischenden sei es mündlichen oder schriftlichen Verkehr, sondern überall von officiöser und autoritätlerischer Luft umgeben und ohne, wie er mir sagte, in ganz Heilbronn auch nur einen Menschen zu haben, mit dem er sich über seine wissenschaftlichen Ideen unterhalten konnte; — diese geistige Verlassenheit erklärt viel davon, dass er, der vom Mucker- und Priesterthum weit entfernt war und blieb, sich in eigner Weise eine christliche Weltanschauung gestaltete und in den entsprechenden Vorstellungen für sein so arg misshandeltes Gemüth Befriedigung und Ruhe suchte. Da er keine philosophische Natur war und nur Gelegenheit gehabt hatte, die Philosophie von ihrer schlechten, professoralen Seite kennenzulernen, so musste ein so idealer Geist wie er, in der angegebenen Lage, offenbar der Religion, wenn auch nicht dem Priesterthum, anheimfallen.

Schriften desselben Verfassers.

1. Philosophische:

***De tempore, spatio, causalitate atque de analysis infinitesimalis logica.** Berlin 1861. 3 M.

Natürliche Dialektik, neue logische Grundlegungen der Wissenschaft und Philosophie. Berlin 1865. 4 M.

Der Werth des Lebens, populär dargestellt. Zweite, völlig umgearbeitete und bedeutend vermehrte Auflage. Leipzig 1877. 6 M.

Cursus der Philosophie als streng wissenschaftlicher Weltanschauung und Lebensgestaltung. Leipzig 1875. 9 M.

Logik und Wissenschaftstheorie. Leipzig 1878. 9 M.

Kritische Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bis zur Gegenwart. Dritte theilweise umgearbeitete Auflage. Leipzig 1878. 9 M.

2. Volkswirthschaftliche und socialitäre:

Carey's Umwälzung der Volkswirthschaftslehre und Socialwissenschaft, zwölf Briefe. München 1865. Merhoff. 2 M. 50 Pf.

***Capital und Arbeit,** neue Antworten auf alte Fragen. Berlin 1865. 3 M. 50 Pf.

***Kritische Grundlegung der Volkswirthschaftslehre.** Berlin 1866. 8 M. 40 Pf.

Die Verkleinerer Carey's und die Krisis der Nationalökonomie, sechzehn Briefe. Breslau 1867. 3 M.

Die Schicksale meiner socialen Denkschrift für das Preussische Staatsministerium, zugleich ein Beitrag zur Geschichte des Autorrechts und der Gesetzesanwendung. Berlin 1868. 1 M.

Kritische Geschichte der Nationalökonomie und des Socialismus. 2. Aufl. Berlin 1875. 9 M.

Cursus der National- und Socialökonomie, einschliesslich der Hauptpunkte der Finanzpolitik. 2. Aufl. Leipzig 1876. 9 M.

Der Weg zur höheren Berufsbildung der Frauen und die Lehrweise der Universitäten. Leipzig 1877. 1 M. 60 Pf.

3. Mathematische:

Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. Von der philosophischen Facultät der Universität Göttingen mit dem ersten Preise der Beneke-Stiftung gekrönte Schrift. Zweite, theilweise umgearbeitete und mit einer Anleitung zum Studium der Mathematik vermehrte Auflage. Leipzig 1877. 9 M.

Für die mit einem * bezeichneten Bücher ist die Verlagshandlung eingegangen und befinden sich die wenigen restirenden Exemplare bei dem Verfasser, Berlin, Alexandrinenstr. 112, von wo solche gegen vorgängige Einsendung des Betrages zu beziehen sind. — Die „natürliche Dialektik“ ist vergriffen.

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

In demselben Verlage erschien:

Dühring, Cursus der National- und Socialökonomie, einschliesslich der Hauptpunkte der Finanzpolitik. Zweite, theilweise umgearbeitete Auflage. 1876. 36 Bogen in 8. 9 Mark. (Diese neue Auflage enthält eine besondere Anleitung zum Studium der Nationalökonomie).

Dühring, Der Weg zur höheren Berufsbildung der Frauen und die Lehrweise der Universitäten. 1877. $5^1/_4$ Bogen in 8. 1 Mark 60 Pf.

Inhalt: 1) Begrenzung der Aufgabe. 2) Befähigungsfrage. 3) Aerztliche Thätigkeit. 4) Hochwissenschaftlicher Lehrerberuf von und für Frauen. 5) Weibliches Studium und heutige Universitätszustände. 6) Natürliche Vorbereitung für das praktische Hauptziel. 7) Beilage über Gelehrtenneid und Feindschaft gegen Sache und Person. — In dieser Schrift findet man auch eine durchgreifende Beantwortung der Frage, welche Rolle die alten Sprachen im heutigen Unterricht spielen und wie über sie vom Standpunkt moderner Wissenschaft und Bildung zu entscheiden ist.

Dühring, Der Werth des Lebens populär dargestellt. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. 1877. 20 Bogen in 8. 6 Mark.

Inhalt: 1. Cap. Aufkommen lebensfeindlicher Weltansichten. 2. Cap. Der Materialismus als Fusspunkt höherer humanitärer Lebensschätzung. 3. Cap. Das Leben als Inbegriff von Empfindungen und Gemüthsbewegungen. 4. Cap. Der Verlauf eines Menschenlebens. 5. Cap. Liebe und Geschlechtsleben. 6. Cap. Der Tod. 7. Cap. Die physischen und moralischen Uebel. 8. Cap. Das Loos der Frauen. 9. Cap. Wissensmacht, Einzelschicksal und Denkergesinnung. 10. Cap. Ausgleichung mit der Weltordnung in Gesinnung und That.

Dühring, Logik und Wissenschaftstheorie. 1878. 36 Bogen in 8. 9 Mark.

Inhalt: I. Absch. Grundbestandtheile eines logischen Zusammenhangs. 1. Cap. Von der Begriffsbestimmung. 2. Cap. Von selbstverständlichen Einsichten und unzerlegbaren Thatsachen. 3. Cap. Vom gedanklichen Satze. 4. Cap. Vom Schlusse. 5. Cap. Vom Beweise. II. Absch. Methoden der Erkenntnissgewinnung. 1. Cap. Ursprüngliche Quellen. 2. Cap. Induction. 3. Cap. Deduction. 4. Cap. Forschungsgrundsätze. III. Absch. Sachliche Verknüpfung und Systematik. 1. Cap. Begriff und Wirklichkeit. 2. Cap. System der Begriffe. 3. Cap. Naturlogik. IV. Absch. Das Ganze der Wissenschaften. 1. Cap. Logik und Mathematik. 2. Cap. Mechanische und rationelle Naturwissenschaft. 3. Cap. Kenntniss vom Menschen und seinen Hervorbringungen. 4. Cap. Geschichte des Wissens. V. Absch. Werth der einzelnen Wissenszweige. 1. Cap. Genauigkeit und Tragweite. 2. Cap. Praktische Nützlichkeit. VI. Absch. Förderungsmittel und Hemmungsursachen des Wissens. 1. Cap. Persönliche Eigenschaften. 2. Cap. Einrichtungen und Zustände. VII. Absch. Allgemeiner Bildungsgehalt der Wissenschaften. 1. Cap. Einwirkung auf die Fähigkeiten 2. Cap. Vermittlung bestimmter Einsichten. VIII. Absch. Mittheilung und Aneignung der Wissenschaften. 1. Cap. Darstellung in Büchern. 2. Cap. Persönliche Anleitung. 3. Cap. Wissenschaftlicher Gesammtverkehr.

Dühring, Kritische Geschichte der Philosophie von ihren Anfängen bis zur Gegenwart. Dritte theilweise umgearbeitete Auflage. 35 Bogen in 8. 9 Mark.

Inhalt: I. Abth. Weltgeschichtliche Einleitung der Philosophie durch die Griechen. 1. Absch. Schöpferische Antriebe und grundlegende Gedanken. 2. Absch. Anregungen des Wollens und Gesinnungsphilosophie. 3. Absch. Universalismus und Uebergang zum Verfall. 4. Absch. Gänzliches Verkommen der Philosophie. — II. Abth. Die Philosophie unter dem Einfluss der neuern Belebung des wissenschaftlichen Geistes. 1. Absch. Der neue Geist unter der Nachwirkung mittelalterlicher Beschränkungen und Formen. 2. Absch. Spinozas Systembildung, Lockes kritische Methode und die eklektischen Reflexe bei Leibniz.

3. Absch. Hume und die gleichzeitige Situation der Philosophie. — III. Abth. Die Philosophie seit der Wiederaufnahme durch die Deutschen. 1. Absch. Kant und die Professorenphilosophie. 2. Absch. Feuerbach, Schopenhauer, Comte und gegenwärtige Philosophie.

Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik. Mit dem ersten Preise der Beneke-Stiftung gekrönte Schrift. Zweite, theilweise umgearbeitete und mit einer **Anleitung zum Studium der Mathematik** vermehrte Auflage. 1877. 36 Bogen in 8. 9 Mark.

Das Preisurtheil der Göttinger Universität, die den Namen des Verfassers nicht wusste, lautet vollständig:

„Die fünfte Arbeit mit dem Spruche: S'il y a quelque chose u. s. w. hat der Facultät durch 586 enggeschriebene Folioseiten eine grosse aber angenehm lohnende Mühe verursacht. Sie erregt schon durch ihr ausführliches Inhaltsverzeichniss die Hoffnung, in ihr wirklich alle die Fragen sorgfältig berücksichtigt zu finden, welche das Programm der Facultät der Beachtung der Bearbeiter empfohlen hatte. Die Ausführung bestätigt diese Hoffnung in höchst erfreulicher Weise. Mit vollständigster und freister Beherrschung der Sache und erstaunlicher Ausdehnung genauster literarischer Kenntnisse sind nicht nur alle wesentlichen Punkte erörtert, sondern eine grosse Anzahl kleinerer Discussionen, welche die Facultät nicht für unerlässlich gehalten hätte, aber mit Dank anerkennt, da sie überall dem volleren Verständnisse des Gegenstandes dienen, bezeugen zugleich die grosse Liebe und die Umsicht, mit welcher der Verfasser sich in seine Aufgabe vertieft hat. Dem ausserordentlichen so aufgehäuften Stoffe entspricht die Fähigkeit zu seiner Bewältigung. Der Verfasser hat Darstellung und Kritik nicht getrennt, sondern folgt, beide vereinigend, dem Verlauf der für die Mechanik sich unterscheidenden Epochen; durch feines Gefühl für klare Vertheilung der Massen ist es ihm gelungen, zugleich auf die ganze geistige Signatur der Zeitalter, auf den wissenschaftlichen Charakter der leitenden Persönlichkeiten und auf die fortschreitende Entwickelung der einzelnen Principien und Lehrsätze ganz das belehrende geschichtliche Licht fallen zu lassen, welches die Facultät vor allem gewünscht hatte. Auch keine der besondern Forderungen, welche das Programm der Aufgabe ausgesprochen hatte, ist unbeachtet geblieben. Die ursprünglichen Aufgaben, an deren Behandlung jedes neue Princip oder Theorem entstand, sind überall mit vollendeter Anschaulichkeit reproducirt und die allmälige Umformung, die jedes erfahren hat, durch alle Zwischenglieder sorgfältig verfolgt. Die Berührungen der mechanischen Gedanken mit der philosophischen Speculation sind nirgend vermieden; sie sind nicht nur in eignen Abschnitten entwickelt, sondern der feine philosophische Instinct, der den Verfasser auch auf diesem Boden leitet, ist ebenso deutlich in einer grossen Anzahl aufklärender allgemeiner Bemerkungen sichtbar, welche an schicklichen Stellen in die Darstellung der mechanischen Untersuchungen verflochten sind. Den angenehmen Eindruck des Ganzen vollendet eine sehr einfache aber an glücklichen Wendungen reiche Schreibart, die warme Anerkennung jedes Verdienstes, die erklärende Entschuldigung des Misslungenen und die vornehme Schonung, mit der über das Verkehrte hinweggegangen wird. Nur ein Bedenken hegt die Facultät. Der Verfasser ist sehr ausführlich in Wiederholungen früher dargestellter Sätze und in Rückverweisungen auf sie; denkt man sich die vorliegende Arbeit als eine Reihe von Vorträgen, so erscheinen diese Recapitulationen als gut berechnete Mittel einer ausgezeichneten Lehrbegabung; auch werden sie im übersichtlichen Druck den Leser nicht ebenso aufhalten als bei der Durchsicht der Handschrift. Gleichwohl bleibt der Erwägung werth, ob nicht eine grössere Einschränkung hierin wenigstens in der letzten Hälfte der Schrift sich empföhle, wo einestheils ohnehin die Natur der Sache zu häufigen Reproductionen derselben Gedanken unter verschiedenen Formen zwingt, anderntheils Alles, was der Verfasser beachtet wünscht, als durch das Frühere bereits hinlänglich eingeschärft gelten kann. Anderes hat die Facultät nicht zu erwähnen; voll Befriedigung, sich als die Veranlasserin dieser schönen Leistung zu wissen, durch welche ihre Aufgabe vollständig gelöst und viele Nebenerwartungen übertroffen sind, zögert sie nicht, dem Verfasser den ersten Preis hiedurch öffentlich zuzuerkennen.“

Pierer'sche Hofbuchdruckerei. Stephan Geibel & Co. in Altenburg.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Dühring, Eugen, 1833-1921

Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie

Bd.: 1

Leipzig 1878

Phys.g. 92 q-1/2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11378277-7